Nowoczesne metody kształcenia i zdalny dostęp do zasobów laboratoryjnych w kursach sojuszu EUNICE

Raport z realizacji zadania 6 – metody kształcenia, zakupione narzędzie i ich wdrożenie w kursach projektu „Współpraca i edukacja w ramach sojuszu EUNICE”

Projekt „Współpraca i edukacja w ramach sojuszu EUNICE” (WERSE) jest finansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach programu NAWA pn. “Wsparcie Uniwersytetów Europejskich” - nabór 2024 i projekt nr FERS.01.05-IP.08-0219/23

Spis treści

Wykaz skrótów 4

Streszczenie 5

Przegląd ram europejskich oraz badań w zakresie kształcenia 6

Cel i zakres przeglądu 6

Europejskie ramy odniesienia 7

Badania nad laboratoriami 12

Metody aktywnego uczenia się 15

Samodzielność i ocenianie 16

Przykłady europejskie 17

Konsekwencje dla metodyki EUNICE 19

Rozwiązanie umożliwiające zdalny dostęp do zasobów laboratoryjnych Politechniki Poznańskiej - EspressoLabs 20

Zakup i zakres zastosowań w PP 20

Architektura rozwiązania i organizacja dostępu do zasobów 20

Funkcje produktu w kontekście realizacji kursów 21

Podział funkcji w środowisku kursu 22

Pojemność i ciągłość pracy 22

Projektowanie i dobór metod w procesie kształcenia 23

Konstruktywne dopasowanie zadania do studenta 23

Stopniowanie samodzielności 23

Organizacja jednostki zajęć 23

Odtwarzalność i dokumentacja 23

Klasyfikacja rozwiązań 24

Macierz doboru 24

Metody i modele organizacji kształcenia 25

M1 Odwrócone laboratorium 25

M2 Uczenie się przez rozwiązywanie problemów 25

M3 Uczenie się przez dociekanie i eksperyment 25

M4 Praca projektowa w zespole 26

M5 Sekwencyjne łączenie etapów stacjonarnych i zdalnych 26

M6 Indywidualizacja i elastyczne tempo 26

M7 Uczenie się przez podejmowanie wyzwań 26

M8 COIL i virtual exchange 27

Zasady przekrojowe 27

Dokumentowanie zastosowania 28

Scenariusze i zastosowania kursowe 29
Charakter scenariuszy 29
S1 Diagnostyka rzeczywistej sieci 29
S2 Analiza zdarzeń i dobór zabezpieczeń 29
S3 Odtwarzalny eksperyment AI 29
S4 Projekt zabezpieczonego systemu IoT 30
Organizacja i dostępność 31
Role i przygotowanie kursu 31
Dostępność procesu 31
Bezpieczeństwo i równoważność udziału 31
Korzystanie z narzędzi AI 31
Ocenianie i mikropoświadczenia 32
Przedmioty oceny 32
Pomiar przed i po oraz walidacja 32
Opis mikropoświadczenia i ECTS 32
DoxyChain i obieg dokumentowania 33
Wnioski i trwałość rezultatów 35
Wnioski merytoryczne 35
Utrzymanie i ponowne wykorzystanie 35
Bibliografia 36

Wykaz skrótów

Tabela 1. Wykaz skrótów

Skrót	Znaczenie
AI	Sztuczna inteligencja
AI Act	Rozporządzenie (UE) 2024/1689 w sprawie sztucznej inteligencji
CBL	Uczenie się przez podejmowanie wyzwań (ang. challenge-based learning)
COIL	Wspólne międzynarodowe uczenie się online (ang. Collaborative Online International Learning)
DigComp	Europejska rama kompetencji cyfrowych obywateli
DigCompEdu	Europejska rama kompetencji cyfrowych nauczycieli
ECIU	Europejskie Konsorcjum Uniwersytetów Innowacyjnych (ang. European Consortium of Innovative Universities)
ECTS	Europejski system transferu i akumulacji punktów
EDC	Europejskie cyfrowe poświadczenia uczenia się (ang. European Digital Credentials for Learning)
ENQA	Europejskie Stowarzyszenie na rzecz Zapewniania Jakości w Szkolnictwie Wyższym
EOSzW	Europejski Obszar Szkolnictwa Wyższego
ESG	Standardy i wytyczne dotyczące zapewniania jakości w Europejskim Obszarze Szkolnictwa Wyższego
EUA	Europejskie Stowarzyszenie Uniwersytetów (ang. European University Association)
EUNICE	Europejski Uniwersytet EUNICE – sojusz uczelni w ramach Inicjatywy Uniwersytetów Europejskich
HEIF	Europejskie ramy interoperacyjności szkolnictwa wyższego (ang. Higher Education Interoperability Framework)
IoT	Internet rzeczy
JRC	Wspólne Centrum Badawcze Komisji Europejskiej
KE	Komisja Europejska
LMS	System zarządzania uczeniem się, w projekcie – platforma e-learningowa
NAWA	Narodowa Agencja Wymiany Akademickiej
PBL	Uczenie się przez rozwiązywanie problemów (ang. problem-based learning)
PP	Politechnika Poznańska
STEM	Nauki przyrodnicze, technika, inżynieria i matematyka
UDL	Uniwersalne projektowanie uczenia się
VM	Maszyna wirtualna
WERSE	Współpraca i edukacja w ramach sojuszu EUNICE (akronim projektu: WERSE)
WCAG	Wytyczne dotyczące dostępności treści internetowych

Streszczenie

Kształcenie praktyczne w informatyce, telekomunikacji, cyberbezpieczeństwie, uczeniu maszynowym i IoT wymaga rzeczywistych urządzeń, serwerów i przygotowanego oprogramowania. W ramach Uniwersytetów Europejskich prowadzących kształcenie w systemie rozproszonym na wiele krajów, osoby studiujące na uczelniach partnerskich zwykle nie mają dostępu do jednakowej infrastruktury w swoich jednostkach. W związku z tym, celem prac w zadaniu 6 było umożliwienie studentom sojuszu EUNICE pracy na infrastrukturze Politechniki Poznańskiej bez wyjazdu oraz zaprojektowanie kursów, w których ten dostęp przekłada się na osiąganie i rzetelną weryfikację efektów uczenia się.

W tym celu PP zakupiła platformę zdalnego dostępu EspressoLabs. Za jej pośrednictwem studenci łączą się z przygotowanymi maszynami wirtualnymi zawierającymi oprogramowanie i dane, korzystają z serwerów oraz sterują rzeczywistymi urządzeniami sieciowymi połączonymi w laboratorium. Na tej podstawie zespół projektowy opracował metodykę kształcenia: przegląd podstaw naukowych i europejskich, zasady doboru zasobu, osiem rozwiązań metodycznych i organizacyjnych, pięć zasad przekrojowych, cztery scenariusze laboratoryjne oraz zasady oceniania, dostępności i dokumentowania osiągnięć. Zakupiona w projekcie platforma DoxyChain została uwzględniona jako narzędzie wystawiania mikropoświadczeń. Istotnym elementem organizacji kursów realizowanych w ramach projektu było wykorzystanie cyfrowych narzędzi wspierających proces dydaktyczny i ocenianie efektów uczenia się. Platforma EUNICE Moodle stanowi środowisko umożliwiające udostępnianie materiałów edukacyjnych, organizację samodzielnej nauki oraz przeprowadzanie egzaminów online.

Głównym rezultatem jest powiązanie efektu uczenia się z aktywnością na zasobie, dowodem wykonania i kryterium oceny. Zdalny dostęp umożliwia pracę na rzeczywistych zasobach bez fizycznej obecności w laboratorium, ale jakość uczenia się zależy od konstrukcji zadania, wsparcia studenta i sposobu oceniania, a nie od samego połączenia.

Przegląd ram europejskich oraz badań w zakresie kształcenia

Cel i zakres przeglądu

Celem przeglądu jest określenie podstaw projektowania metod kształcenia wykorzystujących zdalny dostęp do zasobów laboratoryjnych i informatycznych w środowisku międzyuczelnianym. Przegląd służy uzasadnieniu rozwiązań metodycznych opracowanych w zadaniu 6 projektu oraz wskazaniu warunków ich późniejszego zastosowania i oceny w kursach zadania 7 [1].

Rozdział stanowi tematyczny przegląd wybranych dokumentów i publikacji. Dobór źródeł ma charakter celowy. Opracowanie nie jest przeglądem systematycznym ani metaanalizą. Uwzględniono dokumenty programowe i ramy referencyjne, publikacje naukowe oraz materiały instytucjonalne opisujące praktyki współpracy europejskiej. Poszczególne rodzaje źródeł pełnią odmienne funkcje: dokumenty programowe określają kontekst, badania dostarczają informacji o wynikach i ograniczeniach rozwiązań, natomiast materiały instytucjonalne przedstawiają przykłady ich organizacji.

W rozdziale rozdzielono ustalenia wynikające ze źródeł od wniosków projektowych autorów raportu. Przywołanie określonej praktyki lub publikacji nie oznacza potwierdzenia skuteczności wszystkich rozwiązań proponowanych dla EUNICE.

Tabela 2 zestawia dokumenty europejskie przywołane w rozdziale wraz z ich charakterem. Rozróżnienie to jest istotne, ponieważ akty prawa Unii (rozporządzenie w sprawie sztucznej inteligencji) wskazują na konkretne wymaganiabezpośrednio, zalecenie Rady i komunikaty Komisji mają charakter polityczny, a ramy kompetencji, standardy i wytyczne są dokumentami referencyjnymi stosowanymi dobrowolnie lub w zakresie przyjętym przez uczelnię albo prawo krajowe.

Tabela 2. Europejskie dokumenty odniesienia i ich charakter

Dokument	Charakter	Wykorzystanie w rozdziale
Plan działania w dziedzinie edukacji cyfrowej 2021–2027 [2], [3]	Komunikat Komisji Europejskiej	Kontekst polityczny: ekosystem edukacji cyfrowej i kompetencje cyfrowe
Raporty EUA 2021 i DIGI-HE 2023 [4], [5]	Raporty sektorowe oparte na badaniach ankietowych i wymianie doświadczeń	Stan i bariery cyfrowej transformacji uczelni
Inicjatywa Uniwersytetów Europejskich [6]; strategia na rzecz uniwersytetów [7]	Opis programu Erasmus+; komunikat Komisji	Cele współpracy transnarodowej sojuszy
ESG 2015 [8]	Standardy EOSzW przyjęte przez ministrów (Erywań 2015)	Standard 1.3 – kształcenie skoncentrowane na studencie i ocenianie
DigCompEdu [9], [10]; DigComp 3.0 [11]	Ramy referencyjne JRC	Kompetencje cyfrowe nauczycieli i studentów
Wytyczne dotyczące treści cyfrowych [12]; HEIF [13], [14]	Wytyczne Komisji; ramy interoperacyjności	Jakość materiałów i współpraca systemów

Dokument	Charakter	Wykorzystanie w rozdziale
WCAG 2.1 i 2.2 [15], [16]; ustawa o dostępności cyfrowej [17]; UDL 3.0 [18]	Rekomendacje W3C; prawo krajowe; wytyczne CAST	Dostępność cyfrowa i projektowanie włączające
Zalecenie Rady 2022/C 243/02 [19], [20]; przewodnik ECTS [21]	Zalecenie Rady; przewodnik EOSzW	Mikropoświadczenia i punkty ECTS
Rozporządzenie (UE) 2024/1689 [22]	Akty prawa Unii stosowane bezpośrednio	Zastosowania AI w edukacji, w tym w ocenianiu

Europejskie ramy odniesienia

Polityka edukacji cyfrowej

Plan działania w dziedzinie edukacji cyfrowej na lata 2021–2027 wskazuje dwa priorytety strategiczne: wspieranie rozwoju wysoce efektywnego ekosystemu edukacji cyfrowej oraz podnoszenie umiejętności i kompetencji cyfrowych na potrzeby transformacji cyfrowej [2], [3]. Dokument jest komunikatem Komisji Europejskiej i określa kierunki polityki, a nie wymagania wobec poszczególnych kursów.

Na potrzeby projektu WERSE przyjęto, że zakup platformy zdalnego dostępu należy powiązać z przygotowaniem dydaktycznym prowadzących, wsparciem uczestników i ustaleniem zasad wykorzystania infrastruktury.

W konsekwencji opis proponowanych rozwiązań obejmuje nie tylko dostęp do stanowiska, lecz także cel zadania, aktywności studentów, wsparcie prowadzącego, sposób oceniania oraz rodzaj dokumentacji umożliwiającej potwierdzenie osiągnięć.

Cyfrowa transformacja uczelni

Raporty European University Association z 2021 i 2023 r. stanowią sektorowy kontekst analizy cyfrowej transformacji kształcenia. Należy odróżniać ich ustalenia od stanowiska Komisji Europejskiej: są to publikacje stowarzyszenia uczelni, oparte na danych deklarowanych przez instytucje.

Raport EUA z 2021 r. Raport Gaebela i współautorów powstał w projekcie DIGI-HE (Erasmus+, 2020–2022) i opiera się głównie na ankiecie online skierowanej do kierownictwa uczelni, przeprowadzonej od kwietnia do czerwca 2020 r. Uzyskano 368 ważnych odpowiedzi z 48 krajów, czyli z całego ówczesnego Europejskiego Obszaru Szkolnictwa Wyższego [4].

Dla projektu istotne są trzy ustalenia raportu:

- strategie instytucjonalne: odsetek uczelni deklarujących strategię kształcenia wspieranego technologiami cyfrowymi wzrósł z 63% w 2014 r. do 88% w 2020 r., zwykle w ramach szerszej strategii uczelni [4];
- wsparcie kadry: ponad trzy czwarte instytucji zapewnia kadrze usługi wsparcia, przy czym autorzy zaznaczają, że wpływ tych usług wymaga dalszego zbadania [4];
- czynniki sprzyjające i bariery: za najważniejszy czynnik sprzyjający uznano proaktywny udział kadry i studentów, a następnie wsparcie rozwoju zawodowego kadry, strategię i finansowanie [4]; najczęstszymi barierami były brak zasobów kadrowych (51%), brak zewnętrznych możliwości finansowania (40%), trudność wypracowania wspólnego podejścia dla całej instytucji (36%) oraz brak motywacji kadry (34%) [4].

Raport DIGI-HE z 2023 r. Raport końcowy projektu DIGI-HE podsumowuje prace prowadzone w latach 2020–2022, których celem było wspieranie uczelni w rozwijaniu strategii kształcenia wspieranego technologiami cyfrowymi przez autorefleksję i wzajemne uczenie się [5]. Podstawą

analizy były badania ankietowe, działania peer learning i warsztaty z udziałem uczelni, a nie badanie efektów kształcenia. Zweryfikowano dwie tezy przypisywane temu raportowi we wcześniejszej wersji rozdziału:

- ocenianie na etapie projektowania: raport DIGI-HE zaleca, aby ocenianie uwzględniać już przy projektowaniu programu lub kursu, a nie dopiero po zaplanowaniu treści i metod [5];
- interoperacyjność: raport wskazuje brak interoperacyjności platform i systemów jako problem współpracy międzynarodowej, w tym w sojuszach uczelni, i zaleca uzgadnianie rozwiązań umożliwiających interoperacyjność na początku każdego nowego partnerstwa [5]. Raport nie formułuje natomiast szczegółowych wymagań technicznych dla systemów LMS; ich określenie dla EUNICE jest decyzją projektową.

Dla EUNICE przyjęto potrzebę rozdzielenia odpowiedzialności za infrastrukturę, organizację kursu, prowadzenie zajęć i ocenianie. Prowadzący odpowiada za metodykę i ocenę pracy studentów, administrator za dostępność techniczną zasobów, natomiast koordynator za spójność organizacyjną i dokumentacyjną. Taki podział jest rozwiązaniem przyjętym w projekcie, a nie automatyczną konsekwencją wdrożenia platformy.

Współpraca Uniwersytetów Europejskich

Inicjatywa Uniwersytetów Europejskich i europejska strategia na rzecz uniwersytetów stanowią kontekst transnarodowej współpracy uczelni, mobilności oraz wspólnego podejmowania wyzwań [6], [7]. Oba dokumenty mają odmienny charakter i należy je opisywać osobno.

Inicjatywa Uniwersytetów Europejskich. Według Komisji Europejskiej sojusze mają rozwijać długofalową, strukturalną i strategiczną współpracę uczelni [6]. W zakresie kształcenia inicjatywa przewiduje wspólne, elastyczne i innowacyjne programy oparte na podejściu interdyscyplinarnym i międzysektorowym oraz na kształceniu skoncentrowanym na studencie, w tym elastyczne ścieżki uczenia się, niekiedy z wykorzystaniem mikropoświadczeń [6]. Opis inicjatywy obejmuje europejskie zespoły tworzące wiedzę, podejście oparte na wyzwaniach i tzw. living labs, z udziałem partnerów spoza uczelni: przedsiębiorstw (w tym MŚP i start-upów), władz lokalnych, regionalnych i krajowych oraz społeczeństwa obywatelskiego [6]. Mobilność może mieć formę fizyczną, online lub mieszaną, a celem jest, aby co najmniej 50% studentów sojuszu korzystało z mobilności [6].

Strategia na rzecz uniwersytetów. Komunikat Komisji z 18 stycznia 2022 r. zapowiada cztery inicjatywy flagowe: rozszerzenie inicjatywy do 60 Uniwersytetów Europejskich z udziałem ponad 500 uczelni do połowy 2024 r., przy orientacyjnym budżecie Erasmus+ 1,1 mld EUR na lata 2021–2027. W ramach tych prac realizowane są działania nad statutem prawnym sojuszy, wspólnymi dyplomami europejskimi oraz rozwojem Europejskiej Legitymacji Studenckiej z unikalnym identyfikatorem studenta [7]. Strategia przywołuje także wynik konsultacji, w których 92% uczelni wskazało usunięcie przeszkód prawnych i administracyjnych jako kluczowe dla współpracy transnarodowej [7]. Dokument jest komunikatem politycznym; nie określa metod kształcenia w poszczególnych kursach.

W proponowanej metodyce współpraca międzyuczelniana ma wykraczać poza udostępnienie kont osobom z uczelni partnerskich. W zależności od kursu może obejmować wspólne projektowanie zadań, pracę zespołów mieszanych, wymianę informacji zwrotnej oraz współdzielenie zasobów.

Należy jednak odróżniać międzynarodowy skład grupy od zaprojektowanego procesu współpracy międzynarodowej. Uczestnictwo studentów z kilku państw nie potwierdza samo w sobie zastosowania COIL, rozwijania kompetencji międzykulturowych ani współtworzenia programu przez uczelnie. Rozwój kursów ze zdalnym dostępem przyczynia się do osiągania wskaźników i strategicznych założeń inicjatywy Uniwersytetów Europejskich, a mianowicie 50% studentów mobilnych w ramach jednego konsorcjum.

Jakość i aktywna rola studenta

Standard ESG 1.3 jest punktem odniesienia dla kształcenia skoncentrowanego na studencie i oceniania. ESG należy przedstawiać jako ramy Europejskiego Obszaru Szkolnictwa Wyższego, nie dokument samej Komisji Europejskiej: wersję z 2015 r. opracowały ENQA, ESU, EUA i

EURASHE we współpracy z Education International, BusinessEurope i EQAR, a przyjęli ją ministrowie odpowiedzialni za szkolnictwo wyższe w Erywaniu w 2015 r. [8]. ENQA prowadzi prace nad przeglądem ESG.

Treść standardu. Standard 1.3 stanowi, że uczelnie powinny zapewnić realizację programów w sposób zachęcający studentów do aktywnej roli we współtworzeniu procesu uczenia się, a ocenianie studentów powinno odzwierciedlać to podejście [8]. Wytyczne wskazują, że kształcenie skoncentrowane na studencie odgrywa ważną rolę w pobudzaniu motywacji, autorefleksji i zaangażowania studentów, co wymaga starannego przemyślenia projektu i realizacji programów oraz oceniania efektów [8].

Wytyczne do standardu – prowadzenie kształcenia. Wytyczne wskazują na potrzebę uwzględniania różnorodności studentów i ich potrzeb oraz umożliwiania elastycznych ścieżek uczenia się. Zalecają stosowanie różnych form prowadzenia zajęć, odpowiednio do ich charakteru, a także elastyczne korzystanie z różnorodnych metod pedagogicznych, poddawanych regularnej ewaluacji i dostosowywanych do potrzeb uczących się. Podkreślają znaczenie wspierania autonomii studentów przy zapewnieniu odpowiedniego prowadzenia i wsparcia ze strony nauczyciela. Wskazują również na konieczność budowania relacji student–nauczyciel opartych na wzajemnym szacunku oraz zapewnienia właściwych procedur rozpatrywania skarg studentów [8].

Wytyczne do standardu – ocenianie. W odniesieniu do oceniania wytyczne wskazują, że egzaminujący powinni znać metody oceniania i otrzymywać wsparcie w rozwijaniu tych umiejętności. Kryteria i metody oceniania oraz zasady wystawiania ocen powinny być ogłaszane z wyprzedzeniem. Ocenianie powinno umożliwiać studentom wykazanie stopnia osiągnięcia zamierzonych efektów uczenia się oraz zapewniać im informację zwrotną, uzupełnianą w razie potrzeby doradztwem. Tam, gdzie jest to możliwe, powinno być prowadzone przez więcej niż jednego egzaminującego. Regulacje dotyczące oceniania powinny uwzględniać okoliczności łagodzące, a sam proces powinien być spójny, sprawiedliwy wobec wszystkich studentów i zgodny z ustalonymi procedurami. Studentom należy również zapewnić możliwość skorzystania z formalnej procedury odwoławczej [8].

Powyższe elementy są treścią standardu i wytycznych. Rozwiązania opisane poniżej są natomiast są propozycjami projektowymi autorów raportu. W EUNICE przyjęto projektowanie zajęć od efektów uczenia się, a następnie dobór aktywności i sposobów ich weryfikacji. Student powinien otrzymać informację o celu zadania, oczekiwanym rezultacie i kryteriach oceny przed rozpoczęciem pracy. W zadaniach zespołowych należy ponadto zaplanować sposób potwierdzenia indywidualnego rozumienia i wkładu. Realizację tych założeń wspiera platforma Moodle, umożliwiająca udostępnianie materiałów dydaktycznych, przeprowadzanie testów i egzaminów, dokumentowanie wyników oraz przekazywanie studentom informacji zwrotnej

Dopuszczenie różnych sposobów przedstawienia osiągnięć nie oznacza obniżenia wymagań. W proponowanej metodyce warianty wykonania zadania powinny umożliwiać ocenę tego samego efektu uczenia się.

Kompetencje cyfrowe kadry i studentów

DigCompEdu opisuje 22 kompetencje cyfrowe nauczycieli w sześciu obszarach: zaangażowanie zawodowe, zasoby cyfrowe, nauczanie i uczenie się, ocenianie, wspieranie uczących się oraz rozwijanie kompetencji cyfrowych uczących się [9]. Rama zawiera model progresji o sześciu poziomach, od A1 (Newcomer) do C2 (Pioneer) [9]. Joint Research Centre rozpoczął w 2026 r. prace nad aktualizacją ramy, która ma zachować sześć obszarów i uwzględnić m.in. kompetencje związane ze sztuczną inteligencją.

Na potrzeby projektu ramę tę proponuje się wykorzystać do planowania przygotowania prowadzących. Punktem odniesienia powinny być konkretne czynności: przygotowanie materiałów, organizacja pracy na zasobie, udzielanie wsparcia, ocenianie oraz interpretacja informacji o przebiegu uczenia się.

Dla studentów punktem odniesienia jest DigComp 3.0 – piąta edycja europejskiej ramy kompetencji cyfrowych obywateli, opublikowana przez JRC w 2025 r. [11]. Rama obejmuje 21 kompetencji w pięciu obszarach, cztery poziomy biegłości (podstawowy, średniozaawansowany, zaawansowany i wysoce zaawansowany) oraz ponad 500 efektów uczenia się. Zagadnienia sztucznej inteligencji uwzględniono przekrojowo w opisach kompetencji [11]. Pierwszy obszar dotyczy wyszukiwania, oceny i zarządzania informacją, drugi komunikacji i współpracy, a trzeci tworzenia treści. Pozostałe dwa obejmują bezpieczeństwo, dobrostan i odpowiedzialne korzystanie z technologii oraz identyfikowanie i rozwiązywanie problemów [11]. W kursach EUNICE odniesienie do DigComp 3.0 może dotyczyć na przykład myślenia komputacyjnego i programowania w obszarze tworzenia treści, ochrony urządzeń, danych osobowych i prywatności w obszarze bezpieczeństwa lub rozwiązywania problemów technicznych. Powiązania te powinny odpowiadać rzeczywistym efektom uczenia się określonym dla kursu. Poziomu biegłości nie należy przypisywać na podstawie samej obecności technologii w zadaniu. Uzupełniającym punktem odniesienia są EUNICE Key Competencies – zestaw ośmiu kluczowych kompetencji opracowanych przez sojusz EUNICE w odpowiedzi na potrzeby współczesnego rynku pracy i społeczeństwa. Obejmują one: rozwiązywanie problemów (problem solving), pracę zespołową (teamworking), komunikację (communication), samozarządzanie (self-management), elastyczność poznawczą (cognitive flexibility), kompetencje cyfrowe (digital competence), kompetencje techniczne (technical competence) oraz globalne kompetencje międzykulturowe (global intercultural competence). W programach kursów EUNICE określa się stopień rozwijania poszczególnych kompetencji, co pozwala powiązać stosowane metody kształcenia z szerszymi celami rozwoju kompetencji studentów. [61]

Treści cyfrowe i interoperacyjność

Wytyczne dotyczące treści cyfrowych oraz ramy interoperacyjności wykorzystano jako odrębne punkty odniesienia dla materiałów dydaktycznych i współpracy systemów.

Wytyczne dotyczące treści cyfrowych. Wytyczne Komisji Europejskiej z 2026 r. są skierowane przede wszystkim do nauczycieli i edukatorów, w tym dyrektorów szkół, a pomocniczo również do władz edukacyjnych, badaczy i dostawców rozwiązań EdTech. Dotyczą one w pierwszej kolejności edukacji szkolnej [12]. Dokument proponuje osiem kryteriów oceny treści cyfrowych. Pierwsze trzy obejmują zgodność z programem i adekwatność pedagogiczną, wpływ na uczenie się i ocenianie oraz zaangażowanie uczących się. Kolejne dotyczą dostępności i włączania, zgodności z prawem, w tym prawem autorskim, a także niezawodności i bezpieczeństwa. Listę uzupełniają kompatybilność techniczna oraz trwałość finansowa [12]. Ze względu na ukierunkowanie wytycznych na edukację szkolną w niniejszym raporcie wykorzystano je pomocniczo, dostosowując do kontekstu szkolnictwa wyższego. Służą one jako lista kontrolna przy doborze materiałów, a nie jako standard obowiązujący uczelnie.

Ramy interoperacyjności szkolnictwa wyższego (HEIF). Europejskie ramy interoperacyjności szkolnictwa wyższego opracowała grupa robocza European Digital Education Hub we współpracy z sojuszami Uniwersytetów Europejskich. Dokument opublikowano w 2025 r. [13], [14]. Ramy opisują osiem przypadków użycia związanych ze współpracą uczelni w sojuszach i rozpatrują interoperacyjność na poziomie politycznym, organizacyjnym i technicznym. Zawierają architekturę referencyjną uwzględniającą perspektywy organizacyjną, semantyczną i techniczną, a także diagramy przepływów oraz rekomendacje [13], [14], [25]. Towarzyszą im między innymi raport syntetyczny, raport mapujący standardy, propozycja modelu zarządzania i zestaw narzędzi wdrożeniowych [14]. Zalecenia dotyczące uzgodnień między partnerami i zarządzania współpracą należy odróżniać od zaleceń odnoszących się do wymiany danych i standardów technicznych. HEIF pełni funkcję dokumentu referencyjnego. Nie ustanawia obowiązków prawnych ani nie określa konfiguracji systemów konkretnej uczelni.

W niniejszym opracowaniu przyjęto, że materiały kursowe powinny umożliwiać studentowi przygotowanie do sesji, wykonanie zadania i interpretację uzyskanego wyniku. Przykładowymi elementami są instrukcja, opis wymagań wstępnych, dane wejściowe, zasady oddania pracy i kryteria oceny.

W zakresie współpracy systemów należy rozróżnić linkowanie, ręczne przenoszenie danych, wspólne uwierzytelnianie oraz automatyczną wymianę danych.

Dostępność i projektowanie włączające

WCAG określa sprawdzalne kryteria sukcesu dostępności treści internetowych, uporządkowane według czterech zasad: postrzegalności, funkcjonalności, zrozumiałości i solidności (w polskiej ustawie ostatnią zasadę nazwano kompatybilnością) [15], [17]. WCAG 2.1 obejmuje 13 wytycznych i kryteria sukcesu na poziomach A, AA i AAA [15]. Zgodność nie obejmuje wszystkich indywidualnych potrzeb użytkowników: sam dokument zaznacza, że wytyczne nie odpowiadają na potrzeby osób ze wszystkimi rodzajami, stopniami i kombinacjami niepełnosprawności [15].

Wersja i podstawa formalna. Wniosek projektowy przyjmuje WCAG 2.1 jako standard dostępności materiałów [1]. Podstawą formalną dla uczelni publicznej jako podmiotu publicznego jest ustawa z dnia 4 kwietnia 2019 r. o dostępności cyfrowej stron internetowych i aplikacji mobilnych podmiotów publicznych, której załącznik zawiera wymagania odpowiadające WCAG 2.1 na poziomie A i AA [17]. W3C opublikowało w 2023 r. WCAG 2.2, które dodaje dziewięć kryteriów sukcesu, uznaje kryterium 4.1.1 za przestarzałe i zachowuje zgodność wsteczną, zaleca stosowanie najnowszej wersji [16]. Rekomendacja W3C nie jest jednak tożsama z obowiązkiem prawnym: zastosowanie WCAG 2.2 w projekcie może być dobrą praktyką, ale wymogiem formalnym pozostaje poziom wynikający z ustawy i wniosku.

UDL wykorzystano jako odrębny punkt odniesienia dla projektowania uczenia się. Nie należy przedstawiać go jako zamiennika technicznej oceny dostępności.

Wytyczne UDL 3.0. Wersja 3.0 wytycznych CAST, opublikowana w 2024 r., opiera się na trzech zasadach: zapewnianiu wielu sposobów angażowania (engagement), reprezentacji (representation) oraz działania i wyrażania (action and expression) [18]. Zasady rozwinięto w dziewięciu wytycznych, uporządkowanych w trzech warstwach: dostępu (access), wsparcia (support) i funkcji wykonawczych (executive function) [18]. W zasadzie angażowania wytyczne dotyczą m.in. uwzględniania zainteresowań i tożsamości, podtrzymywania wysiłku i wytrwałości oraz zdolności emocjonalnych; w zasadzie reprezentacji – percepcji, języka i symboli oraz budowania wiedzy; w zasadzie działania i wyrażania – interakcji, ekspresji i komunikacji oraz rozwijania strategii [18]. Powyższe stanowi treść wytycznych; poniższe przykłady są propozycjami autorów raportu.

Dla projektu przyjęto ocenę dostępności całej ścieżki uczestnictwa: od informacji o kursie i uwierzytelnienia, przez rezerwację i obsługę zasobu, po oddanie pracy i otrzymanie informacji zwrotnej. Dostępność pojedynczego dokumentu nie potwierdza dostępności tej ścieżki.

Rozwiązania alternatywne powinny zachowywać możliwość potwierdzenia zakładanego efektu. Przykładowo zmiana formy prezentacji wyniku nie musi zmieniać wymaganej jakości rozumowania, ale zastąpienie samodzielnego eksperymentu analizą gotowych danych może wymagać ponownego sprawdzenia zgodności z efektem.

Mikropoświadczenia i ECTS

Zalecenie Rady Unii Europejskiej z 16 czerwca 2022 r. jest punktem odniesienia dla mikropoświadczeń [19], [20]. Przewodnik ECTS służy odniesieniu efektów uczenia się do nakładu pracy [21]. Zalecenie Rady nie jest aktem wiążącym; określa wspólną definicję, standardowe elementy opisu i zasady projektowania mikropoświadczeń.

Definicja. Zalecenie definiuje mikropoświadczenie jako zapis efektów uczenia się, które uczący się osiągnął w wyniku niewielkiego zakresu uczenia się, ocenionych według przejrzystych i jasno określonych kryteriów [19].

Relacja efektów, nakładu pracy i punktów ECTS. Według przewodnika ECTS punkty wyrażają wielkość uczenia się opartą na określonych efektach uczenia się i związanym z nimi nakładzie pracy. Pełnemu rokowi studiów stacjonarnych odpowiada 60 punktów ECTS [21]. Nakład pracy oznacza szacowany czas, którego student zwykle potrzebuje na wykonanie wszystkich aktywności prowadzących do osiągnięcia zakładanych efektów. Obejmuje wykłady, seminaria, projekty, prace praktyczne, praktyki oraz samodzielną naukę. W większości przypadków wynosi od 1500 do 1800

godzin rocznie, co odpowiada 25–30 godzinom pracy na jeden punkt ECTS. Rzeczywisty czas potrzebny poszczególnym studentom może się jednak różnić [21]. Przewodnik rozróżnia przypisywanie punktów (*allocation*) od ich przyznawania (*awarding*). Przypisywanie polega na określeniu liczby punktów dla kwalifikacji, programu lub jego komponentu na podstawie efektów uczenia się i przewidywanego nakładu pracy. Przyznawanie punktów dotyczy natomiast indywidualnego studenta i następuje po wykonaniu wymaganych aktywności oraz osiągnięciu efektów uczenia się potwierdzonym oceną [21]. Z tego względu nakładu pracy nie należy sprowadzać do czasu połączenia z laboratorium.

W projekcie rozdzielono potwierdzenie tożsamości uczestnika, ocenę jego osiągnięć, wystawienie dokumentu, sprawdzenie jego autentyczności oraz decyzję o uznaniu osiągnięć. Każda z tych czynności pełni odrębną funkcję. Zastosowanie rozwiązania informatycznego do wystawiania dokumentów nie zastępuje walidacji efektów uczenia się ani decyzji uczelni o uznaniu osiągnięć.

Sztuczna inteligencja w kształceniu

W niniejszej metodyce rozróżniono wykorzystanie AI przez studenta, wykorzystanie AI przez prowadzącego oraz zastosowanie systemu do wspomagania oceny. Dla każdej z tych sytuacji należy określić cel, zakres dopuszczalnej pomocy i odpowiedzialność za decyzje.

Zakres przepisów AI Act. Rozporządzenie (UE) 2024/1689 nie zakazuje ogólnie stosowania AI w edukacji ani w ocenianiu. Załącznik III pkt 3 wskazuje cztery kategorie zastosowań systemów AI kwalifikowanych jako systemy wysokiego ryzyka. Obejmują one ustalanie dostępu, przyjęcia lub przydziału do instytucji edukacyjnych oraz ocenę efektów uczenia się, również wtedy, gdy jej wyniki służą sterowaniu procesem uczenia się. Pozostałe kategorie dotyczą oceny odpowiedniego poziomu wykształcenia, jaki dana osoba otrzyma lub do jakiego będzie mogła mieć dostęp, a także monitorowania i wykrywania zakazanych zachowań studentów podczas testów [22]. Art. 6 ust. 3 przewiduje możliwość odstąpienia od kwalifikacji systemu wymienionego w załączniku III jako systemu wysokiego ryzyka, jeżeli nie stwarza on znaczącego ryzyka szkody i spełnia określone w tym przepisie warunki. Dotyczą one między innymi wykonywania wąskiego zadania proceduralnego, poprawiania wyniku wcześniej zakończonej czynności człowieka, wykrywania wzorców decyzyjnych bez zastępowania oceny człowieka lub wykonywania zadania przygotowawczego. System wymieniony w załączniku III, który dokonuje profilowania osób fizycznych, jest jednak zawsze uznawany za system wysokiego ryzyka [22]. Nie każde narzędzie edukacyjne należy zatem do tej kategorii. Kwalifikacja zależy od przeznaczenia i funkcji systemu oraz spełnienia warunków określonych w rozporządzeniu.

Praktyki zakazane. Art. 5 ust. 1 lit. f zakazuje wprowadzania do obrotu, oddawania do użytku i wykorzystywania systemów AI do wyciągania wniosków na temat emocji osób fizycznych w miejscu pracy i w instytucjach edukacyjnych. Wyjątek stanowią zastosowania ze względów medycznych lub bezpieczeństwa. Zakazy te stosuje się od 2 lutego 2025 r. [22].

Jako rozwiązanie projektowe przyjęto jawne zasady korzystania z AI w zadaniach. Powinny one określać dopuszczalne czynności, sposób deklarowania pomocy, obowiązek sprawdzania rezultatów i ograniczenia dotyczące przekazywania danych. Indywidualne osiągnięcia należy oceniać na podstawie dowodów odpowiadających efektom kursu, nie samej deklaracji użycia lub nieużycia narzędzia. Jeżeli w kursie planowano by zastosowanie systemu AI do oceny efektów uczenia się, wymagałoby to odrębnej analizy jego kwalifikacji na gruncie załącznika III i art. 6 ust. 3 AI Act.

Badania nad laboratoriami

Zakres porównań

W przeglądzie rozróżniono laboratoria fizyczne dostępne na miejscu, zdalny dostęp do rzeczywistego stanowiska oraz środowiska wirtualne i symulacyjne. Oddzielnego opisu wymagają środowiska informatyczne, w których student wykonuje rzeczywiste operacje na maszynie wirtualnej.

Dla interpretacji wyników istotne jest nie tylko miejsce uczestnika, lecz także rodzaj zadania, sposób uzyskania danych, organizacja współpracy i przedmiot oceny. Wnioski dotyczące wiedzy nie powinny być automatycznie przenoszone na sprawność manualną, bezpieczeństwo pracy lub indywidualne umiejętności wykonawcze.

Przeglądy Brinsona i Post

Brinson [26] oraz Post i współautorzy [27] dotyczą powiązanych, lecz odmiennych zakresów badań laboratoryjnych.

Brinson (2015). Przegląd obejmuje 56 badań empirycznych opublikowanych po 2005 r., porównujących osiągnięcia w laboratoriach nietradycyjnych – wirtualnych i zdalnych, analizowanych łącznie jako jedna kategoria – z laboratoriami tradycyjnymi [26]. W 50 badaniach (89%) osiągnięcia w laboratoriach nietradycyjnych były równe lub wyższe niż w tradycyjnych [26]. Odsetek ten jest udziałem badań o danym kierunku wyniku, a nie miarą wielkości efektu. Wyniki „równe" oznaczają brak stwierdzonej przewagi laboratorium tradycyjnego w danym badaniu, a nie formalnie wykazaną równoważność. Dominowały efekty z zakresu wiedzy i rozumienia, badane w 53 pracach (95%), a najczęstszą formą pomiaru były quizy i testy (40 prac, 71%); umiejętności badawcze oceniano najrzadziej (4 prace, 7%) [26]. Autor zaproponował narzędzie KIPPAS, porządkujące efekty laboratoryjne w sześciu kategoriach [26]. Ponieważ laboratoria wirtualne i zdalne analizowano łącznie, przegląd nie pozwala przypisać wyniku wyłącznie laboratoriom zdalnym.

Post i współautorzy (2019). Przegląd dotyczy wyłącznie laboratoriów zdalnych w szkolnictwie wyższym i obejmuje 23 badania [27]. Autorzy analizowali osobno efekty poznawcze, behawioralne i afektywne. We wszystkich trzech kategoriach raportowane efekty były pozytywne [27]. Zarazem autorzy oceniają ewaluację efektów w większości badań jako dość powierzchowną, ponieważ efekty uczenia się nie były głównym przedmiotem większości analizowanych prac [27]. Ogranicza to porównywalność badań i siłę wniosków.

W prezentacji tych przeglądów należy odróżnić liczbę publikacji od wielkości efektu. Odsetek prac o określonym kierunku wyników nie jest procentowym przyrostem kompetencji. Brak stwierdzonej różnicy nie powinien być również automatycznie przedstawiany jako formalnie wykazana równoważność metod.

Dla EUNICE przyjęto zatem, że wybór środowiska wymaga sprawdzenia jego przydatności do określonego efektu. Zdalne wykonanie zadania może stanowić podstawę oceny tylko w takim zakresie, w jakim rzeczywiście umożliwia studentowi wykonanie i udokumentowanie wymaganych czynności.

Łączenie form eksperymentowania

Publikacja de Jonga, Linn i Zacharii jest punktem odniesienia dla porównania eksperymentowania fizycznego i wirtualnego [28]. Jest to przegląd wybranej literatury dotyczący laboratoriów fizycznych i wirtualnych (symulacyjnych), a nie laboratoriów zdalnych z dostępem do rzeczywistej aparatury.

Autorzy wskazują, że laboratoria wirtualne pozwalają m.in. obserwować zjawiska niedostępne bezpośredniej obserwacji, przeprowadzić wiele eksperymentów w krótkim czasie, ukierunkować uwagę na istotne informacje i zapewnić wsparcie dostosowane do ucznia [28]. Laboratoria fizyczne pozwalają natomiast poznawać epistemologię nauki, uczyć interpretacji niedoskonałych pomiarów i rozwijać umiejętności praktyczne. Zarazem autorzy stwierdzają, że informacja dotykowa nie jest warunkiem koniecznym rozwoju wiedzy pojęciowej [28]. Przegląd wskazuje, że przemyślane połączenie obu form może prowadzić do lepszego rozumienia niż każda z nich osobno, a kolejność ich zastosowania zależy od celów [28]. Publikacja uzasadnia więc wskazanie konkretnych zalet obu form i potrzeby ich celowego łączenia, a nie ogólną tezę o „najlepszych wynikach" jednego rozwiązania.

Proponowane w EUNICE połączenie krótkiego etapu stacjonarnego z dalszą pracą zdalną (kursy hybrydowe) jest rozwiązaniem organizacyjnym autorów raportu. Nie należy przedstawiać go jako

modelu bezpośrednio zwalidowanego przez tę publikację. Podział czynności między etapy powinien wynikać z wymagań zadania i dostępności zasobów.

Organizacja pracy i zaangażowanie

Badanie Cortera i współautorów wykorzystano jako punkt odniesienia dla analizy warunków wykonywania zadań laboratoryjnych [29]. Było to wieloletnie badanie z losowym przydziałem, obejmujące 458 studentów, którzy wykonywali ćwiczenia (m.in. z belką wspornikową) w trzech formatach: tradycyjnym (hands-on), zdalnym i symulacyjnym, przy czym dane zbierano indywidualnie lub zespołowo [29]. Oceniano wyniki uczenia się oraz przebieg pracy. Stwierdzono interakcję między formatem laboratorium a sposobem zbierania danych: w laboratorium tradycyjnym lepsze wyniki osiągano przy zespołowym zbieraniu danych, a w laboratorium zdalnym – przy indywidualnym [29]. Wynik ten nie uzasadnia określenia „silna zależność"; wskazuje natomiast, że organizacja pracy może modyfikować efekty danego formatu.

Publikacja Van den Beemta i współautorów stanowi odniesienie dla projektowania pracy studentów i wspierania ich zaangażowania w środowisku laboratoriów zdalnych [30]. Przedstawia studium przypadku dwóch kursów z zakresu systemów i sterowania na holenderskiej uczelni technicznej, w których wykorzystywano zdalne laboratorium z układem trzech zbiorników. W kursach uczestniczyło kilkudziesięciu studentów pracujących w zespołach [30]. Zebrane dane obejmowały ślady cyfrowe aktywności, ankiety ewaluacyjne kursów, wywiady ze studentami i nauczycielem oraz obserwacje [30]. Autorzy wskazują, że otwarte zadania wzbudzały u studentów potrzebę zdobywania wiedzy. Rekomendują organizację pracy obejmującą przygotowanie, działania zespołowe, spotkania służące omówieniu postępów i przekazaniu informacji zwrotnej oraz raporty refleksyjne [30]. Samoregulacja nie była bezpośrednio mierzona, lecz pojawiała się w relacjach studentów jako wymaganie wynikające z otwartego charakteru zadań [30]. Ustalenia mają charakter jakościowy i nie obejmują porównania z grupą kontrolną.

Analityka uczenia się w laboratoriach wirtualnych jest dziedziną rozwijającą się: przegląd Elmoazena i współautorów objął 21 badań empirycznych z lat 2015–2021, w których dane pochodziły głównie z logów systemów, a autorzy ocenili obszar jako rozdrobniony i eksploracyjny [31]. Dane z platformy mogą więc wspierać prowadzącego w rozpoznawaniu przebiegu pracy, ale nie są samodzielnym dowodem osiągnięcia efektów.

W projekcie zaproponowano punkty kontrolne i dokumentowanie decyzji podejmowanych podczas pracy. Ich celem jest umożliwienie prowadzącemu rozpoznania trudności i ocenienia procesu rozumowania. Skuteczność tych rozwiązań powinna być oceniana w konkretnych kursach.

Architektura i rozszerzenia laboratoriów

Publikacje [32–34] wykorzystano jako źródła dotyczące architektury udostępniania zasobów, rozszerzania doświadczenia laboratoryjnego oraz powiązania celów laboratorium z ocenianiem. Każda z nich ma inny przedmiot i charakter:

- Gil Vera i współautorzy [32] opisują elastyczne ramy wdrażania rzeczywistych laboratoriów zdalnych z zakresu elektroniki cyfrowej i systemów sterowania, w tym system rezerwacji zintegrowany z platformą LMS. Jest to opis rozwiązania technicznego; publikacja nie zawiera pomiaru efektów dydaktycznych.
- Da Silva i współautorzy [33] przedstawiają przegląd systematyczny literatury z lat 2000–2022 dotyczący rozszerzonych laboratoriów zdalnych, łączących zdalny dostęp z technologiami rzeczywistości rozszerzonej i wirtualnej. Publikacja obejmuje analizę bibliometryczną, klasyfikację rozwiązań i propozycję architektury; nie jest metaanalizą efektów uczenia się.
- Gustavsson i współautorzy [34] omawiają cele laboratoriów dydaktycznych, indywidualną ocenę studentów oraz współdzielone laboratoria zdalne na przykładzie platformy VISIR. Autorzy wskazują, że stanowiska online mogą służyć także do indywidualnej oceny przy niskich kosztach.

Żadna z tych publikacji nie mierzy korzyści kosztowych ani oszczędności czasu. Nie przyjęto, że wspólna infrastruktura automatycznie poprawia wyniki lub zmniejsza koszty. W proponowanym

modelu jej znaczenie polega na umożliwieniu określonych aktywności, których jakość zależy od projektu zadania i sposobu wykorzystania.

Metody aktywnego uczenia się

Aktywne uczenie się

Metaanaliza Freemana i współautorów stanowi punkt odniesienia dla wykorzystania aktywnego uczenia się w kształceniu STEM [35]. Objęła 225 badań porównujących zajęcia z elementami aktywnego uczenia się z tradycyjnym wykładem na studiach pierwszego stopnia w dziedzinach nauk przyrodniczych, inżynierii i matematyki [35]. Aktywne uczenie się zdefiniowano jako angażowanie studentów w proces uczenia się poprzez wykonywanie zadań lub udział w dyskusji podczas zajęć, w przeciwieństwie do biernego słuchania eksperta [35]. W 158 badaniach wyniki egzaminów i testów koncepcyjnych były średnio wyższe o 0,47 odchylenia standardowego w grupach wykorzystujących aktywne uczenie się. Z kolei analiza 67 badań wykazała, że iloraz szans niepowodzenia przy tradycyjnym wykładzie wynosił 1,95. Autorzy przedstawiają te wyniki jako poprawę rezultatów o średnio około 6% przy aktywnym uczeniu się oraz około 1,5 razy większe ryzyko niepowodzenia przy tradycyjnym wykładzie [35]. Korzystne efekty odnotowano we wszystkich analizowanych dyscyplinach STEM, przy czym największe występowały w grupach liczących do 50 osób [35]. Metaanaliza dotyczy aktywnego uczenia się jako szerokiej kategorii. Jej wyników nie należy automatycznie odnosić do każdej metody opisanej w raporcie ani do kształcenia zdalnego.

W EUNICE aktywna rola studenta jest realizowana przez podejmowanie decyzji, wykonywanie testów, analizowanie danych i uzasadnianie rozwiązania. Sama obsługa interfejsu nie stanowi wystarczającej charakterystyki metody aktywnej.

Uczenie problemowe

Publikacja Hmelo-Silver jest źródłem dotyczącym problem-based learning [36]. W PBL studenci pracują w grupach nad złożonym problemem, który nie ma jednej poprawnej odpowiedzi; identyfikują, czego muszą się nauczyć, aby go rozwiązać, podejmują samodzielne uczenie się, stosują nową wiedzę do problemu i reflektują nad tym, czego się nauczyli i jak skuteczne były zastosowane strategie [36]. Nauczyciel pełni rolę facylitatora procesu uczenia się, a nie dostarczyciela wiedzy [36]. Autorka wymienia cele metody: elastyczną wiedzę, efektywne rozwiązywanie problemów, umiejętności samodzielnego uczenia się, efektywną współpracę oraz motywację wewnętrzną [36]. Należy odróżnić te cele i proponowane mechanizmy uczenia się od wyników empirycznych: autorka stwierdza, że dostępne dowody wskazują na potencjał PBL w realizacji części tych celów, a nie na jednoznaczne potwierdzenie wszystkich [36].

W proponowanych zadaniach problem powinien wymagać analizy i wyboru sposobu postępowania. Ćwiczenie wykonywane wyłącznie według kompletnej instrukcji może wspierać przygotowanie, ale nie powinno być bez dodatkowego uzasadnienia określane jako pełna realizacja problem-based learning.

Uczenie przez dociekanie

Praca Pedaste i współautorów stanowi punkt odniesienia dla organizacji cyklu dociekania [37]. Na podstawie analizy 32 artykułów autorzy zaproponowali model obejmujący pięć głównych faz: orientację (Orientation), konceptualizację (Conceptualization), badanie (Investigation), wnioskowanie (Conclusion) i dyskusję (Discussion) [37]. W ramach konceptualizacji wyróżniono formułowanie pytań (Questioning) lub hipotez (Hypothesis Generation). Faza badania obejmuje eksplorację (Exploration) lub eksperymentowanie (Experimentation) oraz interpretację danych (Data Interpretation). Na dyskusję składają się natomiast komunikacja (Communication) i refleksja (Reflection) [37]. Model nie narzuca jednej liniowej sekwencji działań. Autorzy opisują różne ścieżki przechodzenia między fazami oraz możliwość powrotu do wcześniejszych etapów i powtarzania cykli dociekania. Dyskusja może towarzyszyć pozostałym fazom lub następować po ich zakończeniu [37].

W metodyce EUNICE zadania oparte na dociekaniu powinny umożliwiać powiązanie pytania z planem sprawdzenia, materiałem empirycznym i wnioskiem. Zakres samodzielności należy dostosować do przygotowania uczestników i bezpieczeństwa zasobu. Nie każde wykonanie pomiaru jest pełnym zadaniem badawczym.

Uczenie oparte na wyzwaniach

Przegląd Gallagher i Savage jest głównym źródłem dotyczącym challenge-based learning w szkolnictwie wyższym [38]. Jest to eksploracyjny przegląd literatury obejmujący 100 publikacji, analizowanych z użyciem macierzy tematycznej [38]. Autorzy zidentyfikowali osiem wspólnych cech CBL: tematy globalne, rzeczywiste wyzwania, współpracę, technologię, elastyczność, wielodyscyplinarność przy zachowaniu specyfiki dyscyplin, kreatywność i innowacyjność oraz definiowanie wyzwania [38]. Jednocześnie wskazują brak jednolitej definicji i standaryzacji CBL [38].

Uzupełniający przegląd systematyczny Leijon i współautorów, obejmujący publikacje z lat 2009–2020, wskazuje, że CBL przeszło od koncepcji zaproponowanej przez firmę technologiczną dla szkół do szkolnictwa wyższego, a krytyczne, naukowe ugruntowanie podejścia jest w literaturze nieobecne lub marginalne [39]. Oba przeglądy wskazują więc na duże zróżnicowanie praktyk i ograniczoną bazę dowodów empirycznych.

W projekcie kwalifikację zadania jako CBL proponuje się uzależnić od udokumentowanego sposobu sformułowania wyzwania i pracy nad nim. Sam społecznie istotny temat, projekt zespołowy lub stworzenie prototypu nie stanowią wystarczającego opisu tej metody. Należy wskazać odbiorcę, kontekst i kryteria użyteczności rozwiązania.

Organizacja hybrydowa

Przegląd Raes i współautorów dotyczy synchronicznego kształcenia hybrydowego, a nie wszystkich form łączenia zajęć stacjonarnych i zdalnych [40]. Autorzy definiują ten model jako sytuację, w której studenci obecni w sali i studenci uczestniczący zdalnie biorą udział w tych samych zajęciach jednocześnie [40]. Przegląd przeprowadzono zgodnie z wytycznymi PRISMA i objęto nim 47 badań [40]. Autorzy formułują ostrożnie pozytywną ocenę modelu, a zarazem opisują wyzwania o charakterze pedagogicznym i technologicznym oraz proponują wytyczne projektowe dla takich zajęć [40]. Literatura w tym obszarze ma według autorów głównie charakter eksploracyjny i jakościowy [40].

Dla EUNICE rozróżniono równoczesny udział osób w sali i online od następujących po sobie etapów kursu. Dobór organizacji powinien zależeć od wymaganych czynności. Nie ma potrzeby zapewniania równoczesnego udziału w identycznej formie, jeżeli nie służy on osiągnięciu i ocenie efektu.

Samodzielność i ocenianie

Samoregulacja

Publikacje Zimmermana [41] oraz Broadbent i Poon [42] wykorzystano jako podstawę dalszego opracowania wsparcia samodzielnej pracy. Mają one odmienny charakter.

Zimmerman (2002) to artykuł przeglądowy i teoretyczny, przedstawiający cykliczny model samoregulacji z trzema fazami: przewidywania (forethought) – obejmującą analizę zadania i samomotywację wykonania (performance) – obejmującą samokontrolę i samoobserwację oraz samorefleksji (self-reflection) – obejmującą samoocenę i reakcje na własne wyniki [41]. Są to elementy modelu teoretycznego, a nie wyniki pojedynczego badania.

Broadbent i Poon (2015) to przegląd systematyczny 12 badań z lat 2004–2014, dotyczących związku strategii samoregulacji z wynikami w kształceniu online w szkolnictwie wyższym [42]. Dodatnie, choć słabe, korelacje z wynikami stwierdzono dla zarządzania czasem, metapoznania, regulacji wysiłku i myślenia krytycznego. Strategie powtarzania, elaboracji i organizacji były najsłabiej wsparte empirycznie, a związki okazały się słabsze niż w kształceniu tradycyjnym [42]. Są to wyniki badań korelacyjnych, a nie dowody skuteczności interwencji.

W projekcie zaproponowano plan pracy, punkty kontrolne i krótką refleksję nad wykonaniem zadania. Są to sposoby organizacji wsparcia, a nie potwierdzenie posiadania przez uczestnika wysokiego poziomu samoregulacji. Elastyczny dostęp nie powinien oznaczać pozostawienia studenta bez instrukcji i możliwości uzyskania pomocy.

Informacja zwrotna

Publikacja Nicola i Macfarlane-Dick stanowi punkt odniesienia dla projektowania informacji zwrotnej [43]. Jest to artykuł koncepcyjny, w którym autorzy reinterpretują wcześniejsze badania nad ocenianiem kształtującym i proponują model zakładający aktywny udział studentów w odbieraniu i samodzielnym generowaniu informacji zwrotnej. Przedstawiają również siedem zasad dobrej praktyki w tym zakresie [43]. Zgodnie z nimi dobra informacja zwrotna pomaga studentom zrozumieć, na czym polega prawidłowe wykonanie zadania, poprzez wyjaśnienie celów, kryteriów i oczekiwanych standardów. Wspiera rozwój samooceny i refleksji, dostarcza wysokiej jakości informacji o procesie uczenia się oraz zachęca do dialogu z nauczycielem i rówieśnikami. Wzmacnia także pozytywne przekonania motywacyjne i poczucie własnej wartości, a jednocześnie stwarza okazje do zmniejszania różnicy między aktualnym a oczekiwanym poziomem wykonania zadania. Ponadto dostarcza nauczycielom informacji pomocnych w doskonaleniu nauczania [43]. Zasady te stanowią propozycję teoretyczną opartą na przeglądzie literatury, a nie wynik nowej interwencji badawczej.

Jako rozwiązanie projektowe przyjęto przekazywanie informacji pozwalającej rozpoznać jakość wykonania, błąd i możliwy kierunek poprawy. Tam, gdzie jest to wykonalne, student powinien móc wykorzystać tę informację w dalszym zadaniu lub poprawionej wersji pracy.

Praca i ocena rówieśnicza

Źródła [44] i [45] wykorzystano jako odniesienia dla aktywności rówieśniczych, w tym przeglądu kodu.

Topping (2005) omawia rozwój badań nad uczeniem się rówieśniczym, obejmującym m.in. tutoring rówieśniczy, uczenie się kooperacyjne i ocenę rówieśniczą [44]. Autor zwraca uwagę na znaczenie wierności wdrożenia (jakości organizacji aktywności) oraz na korzyści dla osób udzielających pomocy, nie tylko dla jej odbiorców [44].

Indriasari, Luxton-Reilly i Denny (2020) przeanalizowali 51 badań empirycznych dotyczących rówieśniczego przeglądu kodu w szkolnictwie wyższym, wyselekcjonowanych spośród 187 publikacji [45]. Wskazano korzyści, m.in. rozwój umiejętności programistycznych, oraz bariery, m.in. niskie zaangażowanie studentów, a autorzy podkreślają potrzebę dalszej walidacji efektów [45]. Przegląd dotyczy kodu źródłowego. Przeniesienie jego ustaleń na przegląd konfiguracji, danych lub planów eksperymentów jest analogią przyjętą przez autorów raportu i wymaga sprawdzenia w praktyce.

W EUNICE proponuje się przegląd wybranych prac według podanych kryteriów. Rola studentów może obejmować testowanie rozwiązania, wskazywanie niejasności i uzasadnianie sugestii. Wzajemny przegląd nie powinien zastępować oceny prowadzącego tam, gdzie wymagana jest formalna walidacja indywidualnych osiągnięć.

Przykłady europejskie

VISIR

VISIR wykorzystano jako przykład infrastruktury współdzielonego laboratorium i powiązania jej z ocenianiem [34]. Publikacja Gustavssona i współautorów opisuje rozwiązania stosowane w Blekinge Institute of Technology (Szwecja) i University of South Australia, w których stanowiska online uzupełniają tradycyjne zajęcia laboratoryjne i dają studentom swobodny dostęp do eksperymentów online [34]. Autorzy przedstawiają VISIR Open Laboratory Platform jako podstawę współdzielenia laboratoriów między uczelniami oraz wspólnych eksperymentów studentów z różnych krajów, co może rozwijać kompetencje międzykulturowe [34]. Indywidualna ocena przy

użyciu stanowisk online jest w publikacji opisana jako możliwość organizacyjna; artykuł nie przedstawia badania porównawczego efektów ani analizy kosztów [34].

Dla EUNICE przykładem do rozważenia jest połączenie współdzielonego stanowiska z indywidualnym sprawdzeniem rozumienia. Rozwiązanie to wymaga dostosowania do konkretnego zadania i nie wynika automatycznie z użycia podobnej infrastruktury.

ECIU University

Materiały ECIU [47–49] przedstawiają instytucjonalny przykład organizacji uczenia się wokół wyzwań. Opis dotyczy ogólnych zasad publikowanych przez ECIU University, a nie analizy konkretnej edycji wyzwania:

- wyzwania zgłaszają partnerzy zewnętrzni (organizacje prywatne, publiczne i pozarządowe), a nad nimi pracują interdyscyplinarne, międzynarodowe zespoły; uczestnicy sami doprecyzowują problem [48];
- warunki udziału określone w informacjach dla uczestników obejmują m.in. uzyskanie co najmniej 120 punktów ECTS i znajomość języka angielskiego na poziomie B2 [49];
- nie wszystkie wyzwania i mikromoduły dają punkty ECTS, a tam, gdzie są przyznawane mikropoświadczenia, ECIU wystawia je w formie cyfrowej, opatrzonej pieczęcią elektroniczną, zgodnej z formatem Europejskich Cyfrowych Poświadczeń (Europass) [49], [50];
- uznanie osiągnięć w programie studiów zależy od decyzji uczelni macierzystej uczestnika [49].

Warunki poszczególnych ofert są zróżnicowane i należy je sprawdzać indywidualnie. Materiały te służą pokazaniu praktyki, a nie niezależnemu potwierdzeniu jej skuteczności. Dla projektu istotne jest rozpoznanie, które elementy organizacji można dostosować do własnych warunków.

EVOLVE i virtual exchange

Raport EVOLVE [51] oraz publikację O'Dowda [52] wykorzystano jako odniesienia dla współpracy i wymiany wirtualnej.

Raport EVOLVE (2020). Badanie objęło 16 wymian wirtualnych realizowanych przez 34 partnerów z 20 krajów w okresie od września 2019 r. do kwietnia 2020 r. Liczba 16 odnosi się do wymian, a nie do uczelni ani uczestników [51]. Zebrano 321 ankiet przed wymianą i 290 po jej zakończeniu. Analizę statystyczną oparto wyłącznie na odpowiedziach 248 studentów, którzy wypełnili obie ankiety [51]. Porównanie wyników przed wymianą i po niej wykazało istotne statystycznie zmiany w większości badanych konstruktów [51]. Uzupełniająco przeprowadzono częściowo ustrukturyzowane wywiady z 19 studentami uczestniczącymi w 10 wymianach oraz przeanalizowano 99 portfoliów refleksyjnych pochodzących z pięciu wymian, w których nauczyciele zdecydowali się zastosować tę formę dokumentowania doświadczeń. Wykorzystano również karty opisu wymian wypełniane przez nauczycieli [51]. Autorzy wskazują, że wymiany prowadzono w naturalnym toku kursów, bez grup kontrolnych, a próba nie była reprezentatywna pod względem dyscyplin. Podkreślają także samoopisowy charakter danych ankietowych [51]. Wyniki samooceny należy zatem odróżniać od danych jakościowych i nie traktować ich jako dowodu, że zaobserwowane zmiany zostały spowodowane udziałem w wymianie.

O'Dowd (2018). Autor traktuje virtual exchange jako termin zbiorczy dla działań, w których grupy uczących się z różnych kontekstów kulturowych prowadzą długotrwałą interakcję i współpracę online w ramach programu kształcenia [52]. Wyróżnia podejścia przedmiotowe (np. telekolaborację językową i e-tandem oraz międzynarodowe zespoły projektowe w naukach o zarządzaniu), model wspólnego sylabusa, którego przykładem jest COIL rozwijany przez State University of New York – w nim nauczyciele z uczelni partnerskich wspólnie projektują moduł – oraz programy organizacji zewnętrznych, w których dialog moderują przeszkoleni facylitatorzy (np. Soliya, iEARN) [52]. COIL jest więc jednym z modeli virtual exchange, a nie jego synonimem.

W EUNICE proponuje się planowanie współpracy międzynarodowej przez wspólne zadania, komunikację i refleksję nad procesem pracy. Wyników dotyczących doświadczenia międzykulturowego nie należy automatycznie przenosić na kompetencje techniczne.

Konsekwencje dla metodyki EUNICE

Przy opracowaniu metodyki przyjęto rozdzielenie podstaw źródłowych, lokalnych warunków organizacyjnych i decyzji autorów. Pozwala to wykorzystać literaturę bez sugerowania, że każda propozycja projektowa została bezpośrednio potwierdzona w badaniach.

Tabela 4. Ustalenia przeglądu i przyjęte konsekwencje projektowe

Zagadnienie	Przyjęta konsekwencja projektowa	Sposób potwierdzenia zastosowania
Powiązanie dostępu z uczeniem się	Zasób przypisuje się do efektu i zadania	Scenariusz i instrukcja
Aktywna rola studenta	Zadanie wymaga decyzji, analizy lub uzasadnienia	Praca i kryteria oceny
Współdzielenie stanowisk	Organizację dostosowuje się do dostępnej pojemności	Harmonogram i zasady pracy
Praca zespołowa	Produkt zespołu oddziela się od osiągnięć jednostki	Artefakt i dowód indywidualny
Wsparcie samodzielności	Zapewnia się instrukcję, konsultacje i punkty kontrolne	Materiały kursowe
Dostępność	Ocenia się pełną ścieżkę uczestnictwa	Przegląd barier i dostosowań
Współpraca międzynarodowa	Planuje się wspólne aktywności, nie tylko udział	Opis zadania i współpracy
Mikropoświadczenia	Oddziela się walidację, wystawienie i uznanie	Dokumentacja właściwych etapów

Tabela przedstawia rozwiązania przyjęte przez autorów raportu, nie zestaw efektów już osiągniętych w kursach.

Opracowana w zadaniu 6 metodyka wyznacza zatem podstawę projektowania kursów.

Rozwiązanie umożliwiające zdalny dostęp do zasobów laboratoryjnych Politechniki Poznańskiej - EspressoLabs

Zakup i zakres zastosowań w PP

Zakupiona licencja EspressoLabs służy na Politechnice Poznańskiej przede wszystkim zdalnemu dostępowi do laboratoriów. Studenci mogą łączyć się z domu z przygotowanymi maszynami wirtualnymi zawierającymi oprogramowanie i dane, korzystać z serwerów, w tym do zadań AI, oraz sterować rzeczywistymi urządzeniami sieciowymi połączonymi fizycznie w laboratorium. Zdalne sterowanie zachowuje rzeczywisty charakter pracy urządzeń.

Zakres ten stanowi podstawę doboru metod. Maszyna wirtualna jest rzeczywistym środowiskiem wykonania kodu lub konfiguracji usług, a nie synonimem symulacji. Symulacja zastępuje badany system modelem. Serwer obliczeniowy udostępnia moc i środowisko eksperymentu, natomiast urządzenia fizyczne pozwalają obserwować zachowanie sprzętu w przygotowanej topologii.

Architektura rozwiązania i organizacja dostępu do zasobów

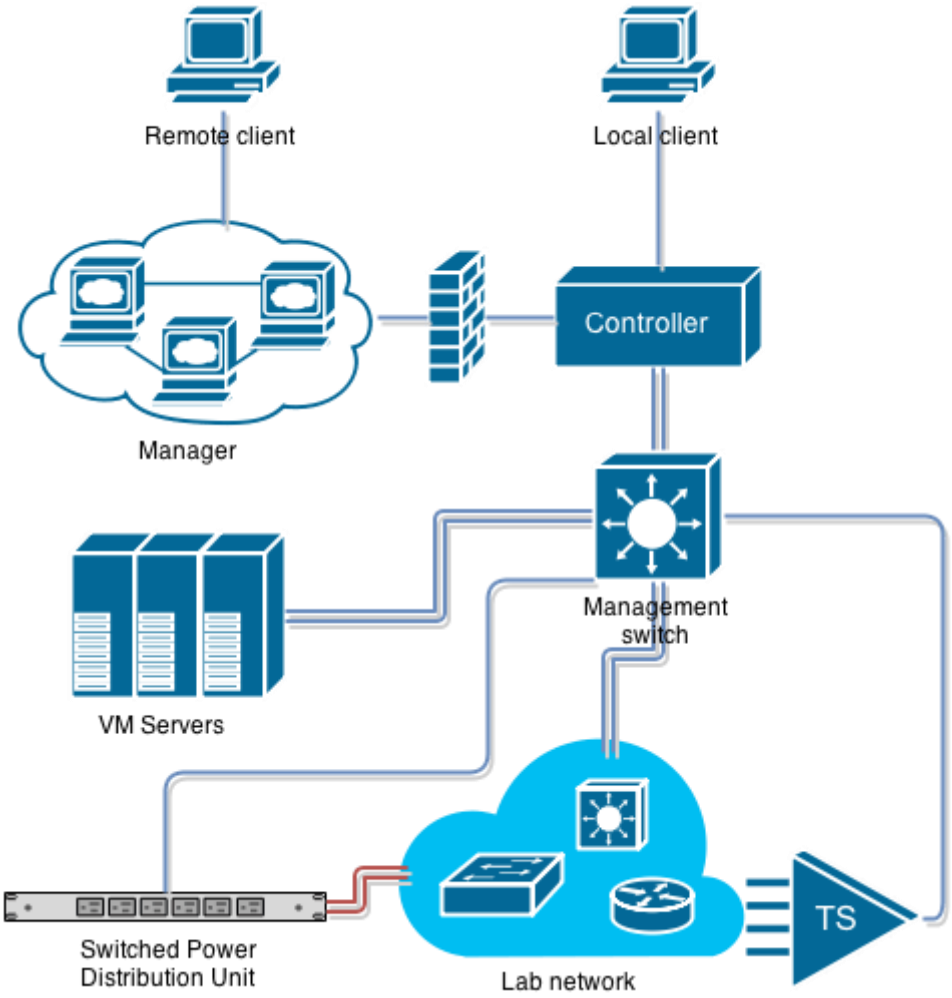
Opracowana na PP dokumentacja użytkownika i administratora opisuje laboratoria, zestawy urządzeń, uprawnienia, rezerwacje oraz dostęp do stanowisk [53], [54]. Laboratorium wiąże zasób z zadaniem i instrukcją. Następnie fizyczne urządzenia mogą być grupowane w zestawy jako komponenty niezbędne do wykonania konkretnego ćwiczenia. Przydział zestawu w czasie rezerwacji pomaga organizować pracę wielu uczestników. W zadaniu zespołowym należy określić operatora i rotację ról, aby każdy student miał możliwość działania i wyjaśnienia decyzji.

Architektura producenta obejmuje menedżer chmurowy i kontrolery pośredniczące w dostępie do infrastruktury. Całość umożliwia pracę na dostarczonych urządzeniach fizycznych i wirtualnych z poziomu przeglądarki [55]. Szczegółowa konfiguracja sieci, kont i protokołów pozostaje zadaniem administratora.

Z punktu widzenia organizacji kursu najważniejsze funkcje produktu to praca w przeglądarce bez instalowania oprogramowania, dostęp do urządzeń przez protokoły Telnet, SSH, RDP i VNC, rezerwacja zestawu urządzeń na wyłączność jednego użytkownika, klucze jednorazowe ograniczone do zestawów i czasu oraz dołączanie opisu zadania do laboratorium [55]. Pozwalają one udostępnić zasób uczestnikom z uczelni partnerskich na czas kursu bez nadawania im szerszych uprawnień w infrastrukturze PP.

Architektura EspressoLabs łączy centralny moduł zarządzający działający w chmurze z kontrolerami pośredniczącymi w dostępie do infrastruktury laboratoryjnej. Moduł centralny przechowuje konfigurację laboratoriów oraz obsługuje użytkowników, uprawnienia i rezerwacje, natomiast kontroler, uruchamiany na serwerze fizycznym lub maszynie wirtualnej z Ubuntu LTS, zapewnia komunikację z zasobami. Użytkownik korzysta z przeglądarki internetowej obsługującej HTML5, a dostęp do urządzeń i środowisk odbywa się przez SSH, Telnet, RDP lub VNC. W rozwiązaniu przedstawionym w prezentacjach infrastrukturę uzupełniają przełącznik sieci zarządzającej, serwer terminalowy zapewniający dostęp do portów konsolowych, zarządzalna listwa zasilająca oraz serwery wirtualizacji. Udostępniane zasoby obejmują rzeczywiste urządzenia sieciowe i IoT, maszyny wirtualne oraz serwery obliczeniowe, w tym przeznaczone do zastosowań AI. Taki układ pozwala studentom pracować zdalnie na wyposażeniu uczelni, przy centralnym zarządzaniu dostępem do stanowisk.

Architektura została przedstawiona na rysunku 1.



Rys. 1. Architektura rozwiązania Espresso Labs [55].

Funkcje produktu w kontekście realizacji kursów

Tabela 5. Funkcje produktu i ich interpretacja w metodyce

Zakres	Sposób interpretacji w raporcie
Przeglądarka, protokoły dostępu, rezerwacja na wyłączność, klucze jednorazowe	Funkcje produktu wykorzystywane w organizacji kursów [55]
VM, serwery i rzeczywiste urządzenia sieciowe	Opis zastosowania platformy w PP stanowiący podstawę metodyki
Instrukcje, rezerwacje i zarządzanie uprawnieniami	Funkcje udokumentowane w podręcznikach użytkownika i administratora
Jupyter, środowisko ESP32 i sterowanie zasilaniem	Możliwości opisane przez dostawcę; użycie w danym kursie zależy od konfiguracji
Automatyczne oceny, synchronizacja kont i wystawianie poświadczeń	Nie są zakładane jako element modelu; obieg może być organizacyjny

Dostępność funkcji należy opisywać dla konkretnego stanowiska i okresu, zgodnie ze standardem w załączniku B. Katalog produktu nie jest wykazem wszystkich funkcji uruchomionych w projekcie.

Podział funkcji w środowisku kursu

EspressoLabs zapewnia dostęp do zasobu. Środowisko LMS (Moodle) służy publikacji materiałów, poleceń i komunikatów oraz przekazywaniu prac i ocen zgodnie z organizacją kursu. Narzędzia komunikacji obsługują konsultacje, a repozytorium zachowuje kod, konfiguracje i dokumentację. DoxyChain obsługuje wystawienie poświadczenia po walidacji. Takie rozdzielenie ról nie wymaga automatycznej integracji systemów.

Zalecany przebieg obejmuje opublikowanie instrukcji i odnośnika w LMS, przydział uprawnień do laboratorium, wykonanie aktywności, przekazanie dowodów oraz ocenę. Dane do poświadczenia są przekazywane na podstawie zatwierdzonej decyzji.

Pojemność i ciągłość pracy

Przepustowość dydaktyczna zależy od liczby zestawów, dostępnych godzin, ograniczeń licencji, pamięci i mocy obliczeniowej oraz możliwości wsparcia. Dla 12 par wykonujących dwie sesje po 90 minut potrzeba 36 zestawogodzin. Cztery zestawy udostępnione przez 12 godzin dają 48 zestawogodzin przed uwzględnieniem przerw. Wartości mają charakter przykładu obliczeniowego.

Rezerwa czasowa służy powtórzeniom i awariom. Plan powinien rozdzielać czas przygotowania, pracy na sprzęcie i analizy, a także określać zasady długich zadań obliczeniowych po rozłączeniu pulpitu. Wariant awaryjny może obejmować analizę wcześniej zebranych danych, ale jeżeli efekt wymaga samodzielnej konfiguracji, konieczna jest późniejsza sesja praktyczna.

Projektowanie i dobór metod w procesie kształcenia

Konstruktywne dopasowanie zadania do studenta

Punktem wyjścia jest czynność, którą student ma umieć wykonać po kursie. Zasada konstruktywnego dopasowania łączy planowane efekty uczenia się, aktywności i ocenianie [56]. Efekt „diagnozuje przyczynę braku łączności i uzasadnia sposób naprawy” wymaga samodzielnej diagnostyki i oceny argumentacji. Sam test definicji protokołów nie wystarczy do potwierdzenia takiego osiągnięcia. Efekty formułuje się za pomocą obserwowalnych działań (konfiguruje, porównuje, interpretuje, projektuje, uzasadnia), z warunkami wykonania i minimalnym kryterium jakości.

Tabela 6. Przykłady powiązania efektu, aktywności i dowodu

Efekt	Aktywność	Dowód
Diagnozuje usterkę sieci	Porównuje hipotezy i testuje konfigurację	Dziennik diagnostyczny i wynik naprawy
Ocenia model AI	Kontroluje zmienne i porównuje miary	Kod, wyniki i uzasadnienie
Projektuje zabezpieczenie	Wprowadza reguły i bada skutki	Testy pozytywne i negatywne
Współpracuje technicznie	Uzgadnia interfejsy i weryfikuje wkład	Historia decyzji i indywidualne omówienie

Stopniowanie samodzielności

W modelu przyjmuje się trzy poziomy: wprowadzający, kierowany i otwarty. Najpierw student sprawdza obsługę zasobu, następnie dobiera działania przy częściowych wskazówkach, a na końcu samodzielnie planuje rozwiązanie i broni wyniku. Przejście między poziomami powinno wynikać z przygotowania, a nie z samego czasu połączenia. Wskazówki mogą mieć postać pytania naprowadzającego, wskazania obszaru diagnostyki i przykładu analogicznego problemu.

Organizacja jednostki zajęć

Jednostka obejmuje przygotowanie, sesję na zasobie, opracowanie rezultatów i informację zwrotną. Przed rezerwacją student poznaje cel, topologię lub dane, wymagania oraz sposób oceny. W czasie sesji wykonuje działania i zapisuje decyzje. Po sesji porządkuje wyniki, wyjaśnia rozbieżności i otrzymuje informację umożliwiającą poprawę. Takie rozłożenie czynności zwiększa wykorzystanie ograniczonego czasu laboratoryjnego.

Polecenie powinno odpowiadać na cztery pytania: co przygotować, co wykonać, co przekazać i według czego rezultat będzie oceniony. Osobny kanał pomocy technicznej pozwala odróżnić problem dostępu od problemu merytorycznego. Pierwsza próba logowania i zapisu wyników powinna poprzedzać zadanie oceniane. Konsultacja oparta na hipotezie i wykonanych testach wspiera samodzielność bardziej niż przekazanie gotowego rozwiązania.

Odtwarzalność i dokumentacja

Instrukcja powinna wskazywać wersję oprogramowania, dane wejściowe i stan początkowy. Student zachowuje kod, konfigurację, parametry i wyniki w uzgodnionym miejscu. Odtwarzalność umożliwia porównanie prób oraz ocenę po zwolnieniu zestawu. Nie wymaga identycznego wyniku liczbowego w każdym eksperymencie losowym, ale wymaga opisania warunków i niepewności.

Klasyfikacja rozwiązań

Identyfikatory M1–M8 zachowują ciągłość między opisami i scenariuszami. Obejmują cztery metody aktywnego uczenia się (M2, M3, M4, M7), trzy modele organizacji (M1, M5, M8) oraz indywidualizację M6. Z1–Z5 określają zasady jakości wspólne dla wszystkich rozwiązań.

Macierz doboru

Tabela 7. Macierz doboru rozwiązań M1–M8

Rozwiązanie	Kiedy stosować	Główny dowód osiągnięcia
M1 Odwrócone laboratorium	Przygotowanie możliwe poza ograniczonym czasem stanowiska	Wynik z wyjaśnieniem przewidywań i obserwacji
M2 Uczenie się problemowe	Efekt obejmuje diagnozę i uzasadnienie rozwiązania	Hipotezy, testy, naprawa i jej uzasadnienie
M3 Dociekanie i eksperyment	Można kontrolować warunki i porównać wyniki	Plan, dane, analiza i ograniczenia
M4 Praca projektowa	Produkt wymaga integracji umiejętności i współpracy	Produkt, testy i indywidualne omówienie
M5 Etap stacjonarny i zdalny	Projekt może być kontynuowany po mobilności	Ciągłość pracy i rezultat końcowy
M6 Indywidualizacja	Przygotowanie i tempo studentów są zróżnicowane	Wspólny efekt osiągnięty indywidualną ścieżką
M7 Podejmowanie wyzwań	Istnieje odbiorca i otwarta potrzeba do rozpoznania	Rozpoznanie potrzeb, prototyp, ocena użyteczności
M8 COIL i virtual exchange	Partnerzy wspólnie projektują aktywność międzyuczelnianą	Wspólny produkt i refleksja międzykulturowa

Wybór metody uwzględnia również przygotowanie studentów, poziom ich samodzielności, dostępność zasobu i organizację grupy. W przypadku M2 konieczne jest zapewnienie warunków do bezpiecznego testowania hipotez, natomiast M3 wymaga powtarzalnych warunków pracy. Metody M4 i M7 wymagają zaplanowania czasu na integrację i informację zwrotną, a M8 uzgodnień między nauczycielami. W przypadku M6 należy tak zaplanować powtórzenia, aby elastyczność pracy jednego uczestnika nie ograniczała dostępu do zasobów pozostałym osobom.

Metody i modele organizacji kształcenia

M1 Odwrócone laboratorium

Model przenosi przyswojenie podstaw i planowanie poza sesję, aby czas stanowiska służył zastosowaniu wiedzy. Jest odpowiedni, gdy materiał wstępny można opanować samodzielnie, a dostęp do urządzeń jest ograniczony. Przegląd badań wskazuje korzyści i trudności, zwłaszcza związane z przygotowaniem poza zajęciami [57].

Przed sesją student analizuje krótką instrukcję, schemat lub dane i zapisuje przewidywany wynik. Prowadzący zapewnia pytania sprawdzające z możliwością poprawy. W czasie rezerwacji student wykonuje zadanie, porównuje wynik z przewidywaniem i zapisuje przyczynę rozbieżności. Po sesji przekazuje konfigurację, notebook albo raport z komentarzem; prowadzący omawia decyzje i daje informację zwrotną.

Ocenie podlegają poprawność działania i rozumienie przyczyn, a nie samo zapoznanie się z materiałem. Ryzykiem jest nadmierny nakład przygotowania lub instrukcja podająca całe rozwiązanie. Materiały muszą być dostępne przed rezerwacją i w formacie odpowiednim dla odbiorców. Przy awarii analizę danych można wykonać wcześniej, lecz wymaganą czynność praktyczną należy uzupełnić na stanowisku.

M2 Uczenie się przez rozwiązywanie problemów

Punktem wyjścia jest objaw lub potrzeba bez kompletnej procedury rozwiązania. Student rozpoznaje, czego musi się dowiedzieć, formułuje hipotezy i testuje je. Metoda rozwija diagnozę, wybór dowodów i uzasadnienie decyzji [36]. W laboratorium sieciowym może dotyczyć braku łączności, nieprawidłowej usługi albo skutków błędnej polityki dostępu.

Przed sesją student opisuje problem i plan diagnostyczny. Podczas pracy wybiera testy, wprowadza kontrolowane zmiany i prowadzi dziennik decyzji. Po naprawie sprawdza skutki uboczne oraz wyjaśnia, dlaczego odrzucił inne hipotezy. Prowadzący przygotowuje porównywalne warianty problemu, stopniowane wskazówki i procedurę odtworzenia stanu początkowego.

Dowodem jest działające rozwiązanie wraz z tokiem rozumowania. Poprawne sprawdzenie i odrzucenie hipotezy może być wartościowym elementem pracy. Ocena obejmuje trafność diagnozy, bezpieczeństwo zmian i jakość testów. Ryzyka to kopiowanie gotowej odpowiedzi, utknięcie bez wsparcia i odziedziczenie stanu po poprzedniej osobie. Dostępny wariant zapewnia tekstowy opis topologii i elastyczny czas przy zachowaniu samodzielnej diagnozy.

M3 Uczenie się przez dociekanie i eksperyment

Metoda rozwija formułowanie pytań, kontrolę zmiennych i interpretację wyników. Cykl obejmuje orientację, konceptualizację, badanie, wnioskowanie i dyskusję [37]. Jest właściwy dla eksperymentu AI, analizy wydajności lub badania zachowania urządzenia, gdy można opisać warunki porównania.

Przed sesją student określa pytanie, hipotezę, zmienną badaną, warunki stałe, miary i budżet zasobów. Prowadzący sprawdza wykonalność planu. Podczas sesji student zapisuje konfigurację, wykonuje próby i kontroluje powtarzalność. Po sesji analizuje wyniki, niepewność i ograniczenia. Omawia też czynniki zakłócające, takie jak obciążenie serwera, losowość i stan odziedziczony po wcześniejszym zadaniu.

Rezultatem są plan, dane, kod lub konfiguracja oraz interpretacja. Ocenie podlegają poprawność metody, analiza i odtwarzalność. Niepotwierdzenie hipotezy przy prawidłowym badaniu jest pełnowartościowym wynikiem. Ryzyka obejmują zmianę wielu parametrów naraz, przekroczenie budżetu i nieuzasadnione wnioski przyczynowe. Dostosowanie może polegać na mniejszej próbie i dostępnych opisach wykresów, z zachowaniem logiki eksperymentu.

M4 Praca projektowa w zespole

Metoda integruje umiejętności poprzez wspólny produkt: usługę, system IoT, analizę lub konfigurację sieci. Jest odpowiednia, gdy studenci opanowali umiejętności cząstkowe i mają czas na integrację rozwiązania. Wymagania może określić prowadzący, a otwarte rozpoznanie potrzeb odbiorcy jest dodatkowym elementem M7, a współpraca między uczelniami może być organizowana jako M8.

Przed rozpoczęciem zespół uzgadnia zakres, kryteria odbioru, role, język, harmonogram i sposób rozwiązywania konfliktów. W trakcie pracuje przez kamienie milowe: wymagania, minimalną demonstrację, integrację, testy i prezentację. Konsultacje opierają się na pokazaniu działającego elementu. Role operatora, programisty, testującego i dokumentującego powinny być rotowane, a rezerwacje zaplanowane wspólnie.

Po zakończeniu ocenia się jakość produktu i oddzielnie indywidualne zrozumienie. Każdy uczestnik wyjaśnia decyzję, wkład i ograniczenie rozwiązania. Liczba zmian w repozytorium nie wystarcza jako miara wkładu. Ryzykiem jest bierna rola części osób i integracja odkładana na koniec. Komunikacja asynchroniczna i dopasowanie ról wspierają dostępność, lecz nie zwalniają z wykazania wymaganych efektów.

M5 Sekwencyjne łączenie etapów stacjonarnych i zdalnych

Model zapewnia ciągłość pracy po mobilności lub szkole letniej. Etap stacjonarny służy poznaniu sprzętu, wykonaniu czynności fizycznych i przygotowaniu zespołu. Następnie dalsza konfiguracja, programowanie i analiza odbywają się zdalnie. Nie jest to to samo co synchroniczna grupa hybrydowa, w której część osób uczestniczy w sali, a część online [40].

Przed zakończeniem pobytu należy sprawdzić dostęp zewnętrzny, zapis rezultatów i kanał pomocy. Przekazanie stanowiska obejmuje stan sprzętu, konfigurację, uprawnienia, harmonogram oraz kontakt do osoby wykonującej czynności na miejscu. W etapie zdalnym zespół rozwija rozwiązanie, korzysta z konsultacji i prezentuje wynik. Prowadzący wskazuje, które działania są kontynuacją projektu, a które stanowią nową aktywność kursową.

Ocena wynika z metody głównej, np. M4, i dotyczy końcowego rezultatu oraz indywidualnych osiągnięć. Ryzykami są utrata kontaktu po mobilności, wygaśnięcie dostępu i brak obsługi lokalnej. Równoważny wariant dla osoby bez możliwości wyjazdu musi zachowywać wymagane efekty. Jeżeli efekt obejmuje montaż, sam zdalny udział nie jest jego pełnym zamiennikiem.

M6 Indywidualizacja i elastyczne tempo

Rozwiązanie służy grupom o zróżnicowanym przygotowaniu. Dostosowuje kolejność, tempo i zakres wsparcia przy wspólnych wymaganych efektach oraz jawnych kryteriach. Literatura wskazuje zróżnicowane sposoby realizacji podejścia skoncentrowanego na studencie [58].

Krótka diagnoza wejściowa pozwala skierować studenta do materiałów wyrównawczych albo zadania rozszerzającego. Praca ma punkty kontrolne: plan, pierwszą próbę, konsultację i rezultat. Prowadzący określa terminy graniczne, liczbę prób i reguły dostępu. Student wybiera terminy rezerwacji w tych ramach, monitoruje postęp i zgłasza trudność, zanim wyczerpie dostępny czas.

Dowodem osiągnięcia pozostaje zadanie końcowe wykonane według wspólnych kryteriów. Ocenie nie podlega szybkość, jeśli nie jest deklarowanym efektem. Ryzyka to odkładanie pracy i nierówny dostęp do powtórzeń. Należy monitorować obciążenie zasobów i umożliwiać krótsze sesje lub inne formaty instrukcji. Elastyczność stanowi decyzję dydaktyczną i organizacyjną, a nie automatyczny skutek posiadania platformy.

M7 Uczenie się przez podejmowanie wyzwań

CBL wykorzystuje otwarte potrzeby rzeczywistego odbiorcy. Zespół rozpoznaje kontekst i współdefiniuje problem, zamiast wyłącznie realizować gotową specyfikację. Przeglądy pokazują różnorodność podejść i znaczenie współpracy z interesariuszami [38], [39]. W EUNICE odbiorcą może być jednostka uczelni, organizacja społeczna albo partner przemysłowy.

Przed rozpoczęciem prowadzący uzgadnia szerokie wyzwanie, dostęp do danych, granice poufności i wykonalny zakres. Studenci rozpoznają potrzeby, formułują problem, przygotowują prototyp i weryfikują go laboratoryjnie. Konsultują użyteczność z odbiorcą i wprowadzają zmiany. Po zakończeniu przedstawiają rezultat, dowody testów i refleksję nad tym, czego rozwiązanie nie obejmuje.

Ocena łączy jakość rozpoznania potrzeb, poprawność techniczną, argumentację i indywidualne osiągnięcia. Opinia odbiorcy jest informacją zwrotną, nie zastępuje oceny akademickiej. Ryzyka to zbyt szerokie zadanie i oczekiwanie wdrożenia produkcyjnego. Prace powinny odbywać się w przydzielonej infrastrukturze. Dostępny wariant dopuszcza pisemny kontakt i asynchroniczne konsultacje bez zmiany wymagań merytorycznych.

M8 COIL i virtual exchange

Virtual exchange obejmuje zaplanowaną współpracę online między grupami z różnych kontekstów kulturowych lub geograficznych [52], [51]. W COIL nauczyciele wspólnie projektują aktywność włączoną do kursów. Potrzebne są wzajemność, moderowana interakcja i refleksja międzykulturowa. Sama obecność studentów zagranicznych nie wystarcza do zakwalifikowania zajęć do tego modelu.

Przed zajęciami partnerzy uzgadniają efekty, język, kalendarze, kryteria i dostęp do zasobów. Przebieg obejmuje poznanie zespołów, zadanie porównawcze, wspólną pracę i omówienie. Studenci negocjują decyzje techniczne i sposób współpracy, a nauczyciele reagują na konflikty i nierówny udział. Wspólny zasób może służyć projektowi IoT lub porównaniu rozwiązań sieciowych.

Dowodami są produkt oraz indywidualna refleksja odniesiona do konkretnych interakcji. Kompetencje międzykulturowe należy oceniać na podstawie zaplanowanych zadań, a nie składu zespołu. Ryzyka obejmują asymetrię zaangażowania uczelni i bariery językowe. Materiały z objaśnieniem skrótów, zapis ustaleń, terminy ze strefą czasową i możliwość pracy asynchronicznej zwiększają dostępność.

Zasady przekrojowe

Zasady Z1–Z5 określają wymagania jakości wspólne dla wszystkich rozwiązań M1–M8.

Z1 Samoregulacja i refleksja

Student planuje sesję, monitoruje wykonanie i porównuje wynik z celem [41], [42]. Prowadzący zapewnia mapę kursu i punkty kontrolne. Krótka refleksja powinna wskazywać konkretną decyzję, jej rezultat i sposób zmiany postępowania. Nie wymaga rozbudowanego eseju po każdej czynności. Informacja zwrotna odnosi się do kryterium i możliwej poprawy [43].

Z2 Uczenie się rówieśnicze

Wzajemny przegląd kodu, konfiguracji lub planu eksperymentu rozwija umiejętność wyjaśniania i oceny jakości [44], [45]. Recenzent korzysta z jawnej listy kryteriów, autor odpowiada na uwagi, a prowadzący moderuje proces. Przy wspólnym stanowisku stosuje się rotację ról. Ocena koleżeńska wspiera uczenie się i nie jest jedyną podstawą decyzji końcowej.

Z3 Ocenianie kształtujące i autentyczne

Zadanie powinno przypominać sensowną sytuację zawodową i wymagać rozumowania, a nie jedynie odtworzenia poleceń [46]. Demonstracja działania jest łączona z uzasadnieniem, testami i indywidualnym wyjaśnieniem. Informacja zwrotna przed oceną końcową daje możliwość poprawy [43]. Warunki pomocy i zakres samodzielności są znane przed wykonaniem zadania.

Z4 Dostępność i projektowanie włączające

UDL uwzględnia różne sposoby angażowania, reprezentacji oraz działania i wyrażania [18]. Instrukcja, materiały i interfejs powinny umożliwiać wykonanie aktywności osobom o

zróżnicowanych potrzebach. Dostosowanie czasu lub formy dowodu zachowuje oceniany efekt. Opis konfiguracji nie zastępuje jej wykonania, jeśli to właśnie wykonanie jest wymagane.

Z5 Odtwarzalność

Wersjonowanie instrukcji, zapis stanu stanowiska, parametrów i rezultatów umożliwiają powtórzenie oraz ocenę eksperymentu. Prowadzący wskazuje miejsce zachowania prac i zasady retencji. Student opisuje ograniczenia powtarzalności. Zasada obejmuje także przygotowanie kolejnej edycji: sprawdzenie zgodności oprogramowania, danych i instrukcji.

Dokumentowanie zastosowania

W opisie edycji należy wskazać te zasady, które przełożyły się na konkretną aktywność. Przykładem Z2 jest przegląd konfiguracji według rubryki i poprawa po uwagach. Co za tym idzie, sama deklaracja pracy w grupie jest niewystarczająca.

Scenariusze i zastosowania kursowe

Charakter scenariuszy

S1–S4 są modelami dydaktycznymi do adaptacji, opracowanymi dla czterech obszarów tematycznych kursów zadania 7. Określają zadanie, zasób, przebieg, rezultat i ocenę. Czas sesji, liczebność grupy i poziom trudności należy dobrać do sylabusa i dostępności stanowisk.

S1 Diagnostyka rzeczywistej sieci

Scenariusz jest przeznaczony dla studentów znających podstawy sieci. Celem jest samodzielna diagnoza usterki i uzasadnienie naprawy. Zasób stanowi przygotowana topologia rzeczywistych urządzeń sieciowych, dostępna zdalnie, z kontrolowanym błędem konfiguracji. Główną metodą jest M2, uzupełniona przygotowaniem M1 i przeglądem Z2.

Przed sesją student analizuje topologię i proponuje testy. Podczas sesji zapisuje stan wejściowy, sprawdza hipotezy, wykonuje minimalne zmiany i weryfikuje łączność oraz wymagania bezpieczeństwa. Po sesji przekazuje dziennik diagnostyczny, konfigurację końcową i testy potwierdzające naprawę. W parze operator i analityk zamieniają się rolami; każdy wyjaśnia własną decyzję.

Ocenie podlegają tok rozumowania, dobór dowodów, poprawność i skutki uboczne. Przywrócenie łączności przez wyłączenie wymaganego zabezpieczenia nie spełnia celu. Łatwiejszy wariant zawęża obszar usterki, trudniejszy wymaga odróżnienia kilku możliwych przyczyn.

S2 Analiza zdarzeń i dobór zabezpieczeń

Celem jest rozpoznanie zdarzenia, dobranie zabezpieczenia i wykazanie jego działania. Zasób stanowi odizolowane środowisko z VM, przygotowanymi logami lub kontrolowanym ruchem i usługą, której konfigurację można zmienić. Metoda M2 służy diagnozie, a M3 porównaniu stanu przed zmianą i po niej. Granice dozwolonych działań określa instrukcja.

Student porządkuje dowody, odtwarza chronologię zdarzeń, formułuje hipotezę i planuje zmianę konfiguracji. Po wdrożeniu zabezpieczenia sprawdza zarówno skuteczność ochrony, jak i prawidłowe działanie usługi. Rezultatem pracy jest raport zawierający dowody, opis konfiguracji, wyniki testów oraz wskazanie ograniczeń zastosowanego rozwiązania. Ocena obejmuje jakość argumentacji, zakres zapewnianej ochrony oraz występowanie fałszywych alarmów. Samo zablokowanie całego ruchu nie jest wystarczającym rozwiązaniem.

Wariant współpracy międzyuczelnianej może polegać na porównaniu procedur reagowania i przygotowaniu wspólnego raportu dla określonego odbiorcy. Zastosowanie podejścia CBL wymaga rzeczywistego rozpoznania potrzeb tego odbiorcy. Praca odbywa się wyłącznie w przydzielonym środowisku. W razie niedostępności zasobu studenci mogą czasowo kontynuować pracę poprzez analizę logów, jednak nie zastępuje ona wymaganego testu konfiguracji.

S3 Odtwarzalny eksperyment AI

Scenariusz jest przeznaczony dla studentów z podstawami programowania i znajomością wybranej miary jakości modelu. Celem jest planowanie i interpretowanie eksperymentu. Zasób stanowi serwer obliczeniowy lub VM z bibliotekami i danymi o udokumentowanym pochodzeniu. Rekomendowane jest aby główną metodą było M3, M6 umożliwia wówczas stopniowanie trudności, a Z5 zapewnia odtwarzalność.

Prowadzący określa model bazowy, podział danych i ograniczenia zasobów. Student formułuje hipotezę, wskazuje zmienną badaną, warunki stałe i sposób porównania. Podczas sesji zapisuje wersje bibliotek, parametry i wyniki. Po sesji analizuje jakość, czas obliczeń i ograniczenia. Przegląd rówieśniczy może polegać na odtworzeniu eksperymentu z dokumentacji innej osoby.

Rezultatem jest notebook lub skrypt z opisem środowiska i interpretacją. Ocena obejmuje plan, poprawność podziału danych, brak dostrajania na zbiorze testowym i jakość wnioskowania.

Najwyższa wartość miary nie jest jedynym kryterium. Mniejsza próba danych może być wariantem dostępnym, jeśli zachowuje logikę zadania.

S4 Projekt zabezpieczonego systemu IoT

Celem jest zaprojektowanie i przetestowanie systemu zbierania, przesyłania i prezentacji danych z uwzględnieniem zabezpieczeń. Zasób obejmuje przygotowane urządzenia IoT, połączenia oraz środowisko programistyczne udostępnione dla danego kursu. Środowisko ESP32 opisane przez dostawcę można wykorzystać, jeżeli zostało uruchomione dla danego stanowiska (załącznik B). Prowadzący określa czynności zdalne i wymagające personelu na miejscu.

Metodą główną jest M4. Kamienie milowe obejmują wymagania, minimalną demonstrację, analizę zagrożeń, integrację i testy. Studenci rotują role operatora, programisty i testującego, zapisują decyzje i uzgadniają rezerwacje. Rezultat obejmuje kod, konfigurację, przepływ danych oraz testy funkcji i zabezpieczeń. Każdy uczestnik wyjaśnia decyzję projektową i jej ograniczenie.

M5 może zapewnić kontynuację po mobilności, a M8 wspólne projektowanie przez partnerów EUNICE. M7 jest uzasadniona, gdy wymagania wynikają z rozpoznania potrzeb rzeczywistego odbiorcy. Ocena zespołowa produktu jest oddzielona od indywidualnego zrozumienia. Przy urządzeniach oddziałujących na otoczenie trzeba ograniczyć zakres działań i zapewnić lokalny nadzór. Przedmiotem oceny nie jest wdrożenie produkcyjne, jeśli nie przewiduje go program.

Organizacja i dostępność

Role i przygotowanie kursu

Prowadzący określa efekty, zadania, kryteria i wsparcie. Administrator odpowiada za konfigurację dostępu, stan zasobów i obsługę techniczną. Koordynator uzgadnia harmonogram i dokumentację. Zespół walidacyjny weryfikuje osiągnięcia, zgodnie z zasadami projektu i rozdzieleniem kształcenia od walidacji, a także wystawia certyfikat nabycia kompetencji [1].

Przed uruchomieniem należy przeprowadzić próbę z konta zwykłego użytkownika: dostęp, rezerwację, wykonanie czynności, zapis i zakończenie. Sprawdzenia obejmują także kolizję terminów, wygaśnięcie uprawnień i procedurę pomocy. Stanowisko powinno mieć opis początkowy i ścieżkę odtworzenia. Plan obejmuje rezerwę na awarie oraz wsparcie osób z uczelni partnerskich.

Dostępność procesu

Wniosek przyjmuje WCAG 2.1 dla materiałów projektu [1], [15]. WCAG 2.2 i UDL 3.0 są dodatkowymi punktami odniesienia [16], [18]. Dostępność należy rozpatrywać osobno dla dokumentów, LMS, rezerwacji i interfejsu stanowiska. Praca w przeglądarce nie jest sama w sobie dowodem dostępności całej aktywności.

Instrukcje powinny mieć nagłówki, czytelne tabele, tekstowe opisy schematów i polecenia możliwe do skopiowania. Dla nagranego materiału audiowizualnego należy zapewnić napisy zgodnie z właściwymi kryteriami WCAG, a ich transkrypcja nie jest ich uniwersalnym zamiennikiem [15], [59]. Istotne są również alternatywy dla informacji wizualnej, obsługa klawiaturą, skalowanie i możliwość użycia technologii wspomagających. Zakres i sposób dostosowania materiałów dydaktycznych, narzędzi oraz organizacji zajęć powinny uwzględniać indywidualne potrzeby zgłoszone przez uczestników, przy zachowaniu zakładanych efektów uczenia się.

Bezpieczeństwo i równoważność udziału

Dostęp powinien odpowiadać zadaniu i okresowi kursu. Ćwiczenia bezpieczeństwa odbywają się wyłącznie w przydzielonej infrastrukturze. Instrukcja określa granice działań, zgłaszanie zdarzeń, zachowanie wyników i usuwanie danych. Udostępnienie VM wymaga sprawdzenia licencji oprogramowania oraz praw do danych.

Dostosowania mogą dotyczyć czasu, formatu instrukcji, komunikacji i sposobu przedstawienia dowodu. Zachowują wymagany efekt praktyczny. Dla grup międzynarodowych potrzebne są uzgodniony język, objaśnienia skrótów, terminy ze strefą czasową i uwzględnienie kalendarzy uczelni. Niestabilne łącze uzasadnia krótszą sesję lub kolejny termin, a nie obniżenie oceny za awarię.

Korzystanie z narzędzi AI

Nauczanie o sztucznej inteligencji w scenariuszu S3 należy odróżnić od korzystania z narzędzi AI jako wsparcia w wykonywaniu zadań. Prowadzący określa dopuszczalny zakres ich wykorzystania oraz sposób, w jaki student powinien ujawnić otrzymane wsparcie. Student odpowiada za weryfikację kodu i formułowanych wniosków oraz nie przekazuje poufnych danych do usług zewnętrznych. Weryfikacja samodzielności pracy opiera się na wyjaśnieniu przez studenta podjętych decyzji i przyjętych rozwiązań, a nie wyłącznie na wynikach działania detektora tekstu generowanego przez AI. Przyjęty model nie wymaga stosowania AI do oceniania ani nadzorowania egzaminów. Takie zastosowania wymagałyby odrębnej oceny na poziomie instytucji oraz analizy zgodności z obowiązującymi przepisami [22].

Ocenianie i mikropoświadczenia

Przedmioty oceny

Należy odróżnić dostęp do zasobu, rzeczywiste wykorzystanie, osiągnięcia i wydane dokumenty. Uprawnienie nie dowodzi pracy, sesja nie dowodzi wykonania zadania, a poświadczenie wymaga podstawy walidacyjnej. Ocena powinna obejmować rezultat i rozumowanie oraz indywidualne zrozumienie przy pracy zespołowej.

Pomiar przed i po oraz walidacja

Wniosek przewiduje, że zespół ds. weryfikacji treści i walidacji kompetencji przygotowuje testy ex-ante i ex-post odpowiadające nabywanym kompetencjom, a zespół ds. walidacji porównuje wyniki testów ex-post z wynikami ex-ante. Zespoły opracowują wymagania w zakresie efektów uczenia się wraz z kryteriami i metodami ich weryfikacji, co zapewnia rozdzielenie procesu kształcenia od walidacji [1]. W kursach z wykorzystaniem platformy zaleca się, aby test ex-ante i ex-post obejmował analizę rzeczywistej praktycznej wiedzy i umiejętności osoby biorącej udział w kursie.

Analiza zmiany wymaga par wyników tych samych osób i liczby kompletnych par. Porównanie średnich grup o innym składzie nie jest pomiarem indywidualnego przyrostu. Wniosek zakłada podniesienie kompetencji przez 80% uczestników kursów zadania 7 [1]. Ocena tego założenia należy do raportowania rzeczywistych wyników. Brak grupy porównawczej i kontroli innych czynników ogranicza wnioskowanie o przyczynowym wpływie metody. Uzupełnieniem testów w kursach prowadzonych w ramach projektu WERSE są metody oceniania przewidziane przez prowadzących poszczególne kursy, dostosowane do ich specyfiki i zakładanych efektów uczenia się. Stosowane sąróżne podejścia np. egzaminy online na platformie Moodle, ocenianie ciągłe, obejmujące ocenę realizacji projektu, umiejętności praktycznego wykorzystania zdobytej wiedzy, aktywności i współpracy zespołowej, a także obserwację prowadzoną przez nauczyciela (teacher-led observations), ocenę raportu z realizacji zadań projektowych. ocenę prezentacji, prac analitycznych i aktywności w dyskusjach. Takie zróżnicowanie metod oceniania umożliwia uwzględnienie nie tylko wiedzy teoretycznej, lecz również umiejętności rozwiązywania problemów, samodzielnego działania i praktycznego zastosowania zdobytych kompetencji.

Opis mikropoświadczenia i ECTS

Mikropoświadczenie potwierdza efekty uczenia się osiągnięte w krótkiej formie kształcenia i ocenione według przejrzystych kryteriów [19], [20]. Nazwa ma być zrozumiała i nie może sugerować szerszej kwalifikacji niż zweryfikowana: „Diagnostyka podstawowych błędów konfiguracji sieci” jest właściwsza niż „Ekspert cyberbezpieczeństwa”, jeżeli kurs obejmuje ograniczony zestaw zadań.

Opis powinien umożliwiać odbiorcy rozpoznanie, co zostało ocenione, w jakich warunkach i przez kogo, zgodnie z europejskimi zasadami jakości, przejrzystości, rzetelnej oceny i przenośności [19], [20]. Tabela porządkuje standardowe elementy opisu według zalecenia Rady [19].

Tabela 9. Standardowe elementy opisu mikropoświadczenia w kursach

Element	Znaczenie dla kursu
Identyfikacja uczącego się	Dane w indywidualnym dokumencie, poza raportem
Tytuł i podmiot nadający	Nazwa adekwatna do efektów; kraj lub region wystawcy
Data wydania	Data faktycznego wystawienia dokumentu
Efekty uczenia się	Te same efekty, które oceniono według kryteriów

Element	Znaczenie dla kursu
Szacowany nakład pracy	Przygotowanie, sesje, analiza, konsultacje i ocena; ECTS, gdy ma zastosowanie
Poziom doświadczenia edukacyjnego	Poziom kwalifikacji tylko przy właściwej podstawie i zastosowaniu
Rodzaj oceny i forma udziału	Sposób weryfikacji; udział online, stacjonarny lub mieszany
Zapewnianie jakości	Procedura instytucji dotycząca danego kursu
Dane dodatkowe	Wymagania wstępne, nadzór, ocena końcowa, zasady łączenia osiągnięć

Powiązanie opisu z kodem kursu, wersją efektów i protokołem walidacji pozwala odtworzyć podstawę wystawienia. Punkty ECTS wyrażają nakład pracy związany z osiągnięciem efektów [21]: obejmują przygotowanie, pracę na zasobie, konsultacje, analizę i ocenę, a nie wyłącznie godziny kontaktowe lub czas rezerwacji. Uznanie dokumentu w programie studiów jest decyzją właściwej instytucji, odrębną od technicznej weryfikacji autentyczności.

DoxyChain i obieg dokumentowania

Politechnika Poznańska zakupiła w projekcie platformę DoxyChain do wystawiania mikropoświadczeń. Jej rolą w modelu dydaktycznym jest udokumentowanie osiągnięcia zatwierdzonego w procesie walidacji. Opis dostawcy wskazuje cyfrowe certyfikaty, identyfikatory i kody QR oraz funkcje sprawdzania autentyczności i statusu [60].

Poświadczenie powinno odnosić się do zatwierdzonego opisu efektów. Osoba obsługująca platformę nie zastępuje zespołu walidacyjnego i nie nadaje kompetencji na podstawie obecności lub logowania. Wiarygodność dokumentu wynika ze spójności zadania, oceny, decyzji i danych, a dopiero następnie z możliwości sprawdzenia jego autentyczności.

Tabela 10. Obieg dokumentowania mikropoświadczenia

Etap	Odpowiedzialność	Dowód procesu
Opis	Prowadzący i koordynator	Wersja efektów, kryteriów i danych poświadczenia
Walidacja	Wyznaczony zespół	Decyzja oparta na pracach i pomiarach
Kontrola danych	Upoważniona obsługa	Zgodność danych osoby z decyzją
Wystawienie	Biuro ds. Mikropoświadczeń na PP	Dokument z datą i identyfikatorem wystawione za pomocą platformy DoxyChain
Korekty i utrzymanie	Biuro ds. Mikropoświadczeń na PP	Rejestr zmian i aktualnego statusu

Jest to model organizacyjny, który może działać bez automatycznej integracji z LMS lub EspressoLabs. Przed wydaniem serii dokumentów należy sprawdzić próbny egzemplarz, treść, dane, sposób udostępnienia i weryfikacji.

Cyfrowa postać i kod QR nie oznaczają zgodności z European Digital Credentials for Learning, który ma własne wymagania dotyczące danych i pieczęci elektronicznej [50]. Ewentualne

powiązanie z tym ekosystemem wymaga odrębnej decyzji. Decyzja o odnowieniu licencji powinna uwzględniać ciągłość weryfikacji wydanych dokumentów.

Wnioski i trwałość rezultatów

Wnioski merytoryczne

EspressoLabs umożliwia realizację praktycznej części kształcenia na współdzielonych zasobach PP mimo rozproszenia studentów. Największa wartość dydaktyczna dotyczy aktywności wymagających konfiguracji, eksperymentu, analizy i projektowania. Zakres zdalny należy dopasować do efektu i możliwości danego laboratorium.

Literatura uzasadnia wykorzystanie laboratoriów zdalnych jako pełnoprawnego środowiska wybranych aktywności, przy zachowaniu ostrożności w uogólnianiu wyników [26], [27], [30], [28], [29], [32], [33], [34]. Metodyka powinna zapewniać przygotowanie, samodzielne działanie, informację zwrotną i ocenę. Współdzielenie infrastruktury wspiera umiędzynarodowienie wtedy, gdy towarzyszy mu wspólne projektowanie pracy i odpowiedzialności.

Opracowany katalog nie opiera innowacyjności na nowości nazw metod. Wkład polega na ich powiązaniu z ograniczonym czasem zasobów, pracą między uczelniami i dokumentowaniem osiągnięć. M1–M8 są wybierane według celu, a Z1–Z5 nadają działaniom wspólne wymagania jakościowe. Scenariusze pokazują, jak zastosować ten model w sieciach, cyberbezpieczeństwie, AI i IoT.

Utrzymanie i ponowne wykorzystanie

Pakiet do ponownego wykorzystania obejmuje instrukcję, notatkę dla prowadzącego, kryteria, opis stanu zasobu i procedurę odtworzenia. Każdy element powinien mieć wersję i właściciela. Przed nową edycją trzeba sprawdzić aktualność oprogramowania, licencje, dane, połączenia i dostępność. Subskrypcyjny charakter narzędzi wymaga planowania kosztów licencji, obsługi i utrzymania weryfikacji poświadczeń [1].

Rezultat metodyczny może być przenoszony do innych kursów i uczelni po dostosowaniu efektów i warunków. Oszczędności podróży, energii lub kosztów są możliwymi korzyściami organizacyjnymi, ale ich wielkość wymaga pomiaru.

Bibliografia

Pozycje uporządkowano według kolejności pierwszego cytowania w tekście. Daty dostępu do źródeł internetowych podano przy poszczególnych pozycjach. Pozycje [1], [53] i [54] są dokumentem projektu oraz dokumentacją dostawcy przekazaną Politechnice Poznańskiej.

[1] Politechnika Poznańska (2024). Współpraca i edukacja w ramach sojuszu EUNICE. Wniosek o finansowanie nr BPI/WUE/2024/1/00016/KW/00005 w programie NAWA „Wsparcie Uniwersytetów Europejskich – nabór 2024". Dokument projektu.

[2] Komisja Europejska (2020). Digital Education Action Plan 2021–2027. Resetting education and training for the digital age (wersja polska: Plan działania w dziedzinie edukacji cyfrowej 2021–2027. Nowe podejście do kształcenia i szkolenia w erze cyfrowej). Komunikat COM(2020) 624 final, 30.09.2020. EUR-Lex. Dostęp: 26.10.2026. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52020DC0624

[3] Komisja Europejska. Digital Education Action Plan (2021–2027) – opis planu i działań. European Education Area. Dostęp: 26.10.2026. https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/actions

[4] Gaebel, M., Zhang, T., Stoeber, H., Morrisroe, A. (2021). Digitally enhanced learning and teaching in European higher education institutions. Survey report. Bruksela: European University Association, styczeń 2021. Zakres badania: s. 9 i 14–15; strategie: s. 10; czynniki sprzyjające: s. 11; wsparcie kadry: s. 34; bariery: s. 48. Dostęp: 26.10.2026. https://www.eua.eu/publications/reports/digitally-enhanced-learning-and-teaching-in-european-higher-education-institutions.html

[5] Gaebel, M., Morrisroe, A. (2023). The future of digitally enhanced learning and teaching in European higher education institutions. DIGI-HE Final Report. Bruksela: European University Association. Ocenianie na etapie projektowania: s. 25; interoperacyjność: s. 25–26. Dostęp: 26.10.2026. https://www.eua.eu/images/pdf/digi-he_final_report.pdf

[6] Komisja Europejska. About the European Universities initiative. European Education Area. Dostęp: 26.10.2026. https://education.ec.europa.eu/education-levels/higher-education/european-universities-initiative/about

[7] Komisja Europejska (2022). Komunikat w sprawie europejskiej strategii na rzecz uniwersytetów. COM(2022) 16 final, 18.01.2022. EUR-Lex. Dostęp: 26.10.2026. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52022DC0016

[8] ENQA, ESU, EUA, EURASHE, we współpracy z EI, BusinessEurope i EQAR (2015). Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area (ESG). Bruksela. ISBN 978-9-08-168672-3. Standard 1.3: s. 12. Dostęp: 26.10.2026. https://www.enqa.eu/wp-content/uploads/2015/11/ESG_2015.pdf

[9] Redecker, C. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Punie, Y. (red.). EUR 28775 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/159770

[10] Joint Research Centre. Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu) – strona ramy i informacja o aktualizacji. Dostęp: 26.10.2026. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcompedu_en

[11] Cosgrove, J., Cachia, R. (2025). DigComp 3.0: European Digital Competence Framework. Fifth edition. JRC144121. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-68-32677-0. https://doi.org/10.2760/0001149

[12] Komisja Europejska, DG EAC (2026). Making informed choices on digital education content: EU guidelines for teachers and educators. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-68-34508-5. Opis inicjatywy: https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/actions/plan/digital-education-content-guidelines-and-framework (dostęp: 26.10.2026). https://doi.org/10.2766/7313097

[13] Komisja Europejska, DG EAC; European Digital Education Hub (2025). European higher education interoperability framework. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 18.08.2025. ISBN 978-92-68-31063-2. https://doi.org/10.2766/0459404

[14] European Digital Education Hub. Interoperability framework – grupa robocza i dokumenty towarzyszące. European Education Area. Dostęp: 26.10.2026. https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/hub/workshops-and-working-groups/interoperability-framework

[15] W3C (2018, aktualizacja 6.05.2025). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. W3C Recommendation, pierwotnie 5.06.2018. Dostęp: 26.10.2026. https://www.w3.org/TR/WCAG21/

[16] W3C (2023, aktualizacja 12.12.2024). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2. W3C Recommendation, pierwotnie 5.10.2023. Dostęp: 26.10.2026. https://www.w3.org/TR/WCAG22/

[17] Ustawa z dnia 4 kwietnia 2019 r. o dostępności cyfrowej stron internetowych i aplikacji mobilnych podmiotów publicznych (tekst jednolity: Dz.U. z 2023 r. poz. 1440), w tym załącznik „Wytyczne dla dostępności treści internetowych 2.1". Omówienie wymagań: https://www.gov.pl/web/dostepnosc-cyfrowa/nowe-przepisy-ustawy-o-dostepnosci-cyfrowej (dostęp: 26.10.2026). https://api.sejm.gov.pl/eli/acts/DU/2023/1440/text.pdf

[18] CAST (2024). Universal Design for Learning Guidelines version 3.0. Opublikowano 30.07.2024. Dostęp: 26.10.2026. https://udlguidelines.cast.org/

[19] Rada Unii Europejskiej (2022). Zalecenie Rady z dnia 16 czerwca 2022 r. w sprawie europejskiego podejścia do mikropoświadczeń na potrzeby uczenia się przez całe życie i zatrudnialności (2022/C 243/02). Dz.U. UE C 243 z 27.06.2022, s. 10–25 (definicja: pkt 4; elementy opisu: załącznik I; zasady: załącznik II). Dostęp: 26.10.2026. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32022H0627(02)

[20] Komisja Europejska. A European approach to micro-credentials. European Education Area. Dostęp: 26.10.2026. https://education.ec.europa.eu/education-levels/higher-education/micro-credentials

[21] Komisja Europejska, DG EAC (2015). ECTS Users' Guide 2015. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-79-43559-1. Nakład pracy, przypisywanie i przyznawanie punktów; https://doi.org/10.2766/87192

[22] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1689 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie ustanowienia zharmonizowanych przepisów dotyczących sztucznej inteligencji (akt w sprawie sztucznej inteligencji). Dz.U. UE L, 2024/1689, 12.07.2024 (art. 4, art. 5 ust. 1 lit. f, art. 6 ust. 3, załącznik III pkt 3);. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

[23] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2026/1744 z dnia 8 lipca 2026 r. zmieniające rozporządzenie (UE) 2024/1689 (tzw. Digital Omnibus on AI). Dz.U. UE L, 2026/1744, 24.07.2026. Dostęp: 26.10.2026. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2026/1744/oj/eng

[24] ENQA. ESG – Standards and guidelines for quality assurance in the EHEA: informacja o przeglądzie ESG. https://www.enqa.eu/esg-standards-and-guidelines-for-quality-assurance-in-the-european-higher-education-area/

[25] Interoperable Europe (2025). DG EAC and DIGIT strengthen interoperability in education. https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/interoperability-architecture-solutions/news/dg-eac-and-digit-strengthen-interoperability-education

[26] Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. Computers & Education, 87, 218–237. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003

[27] Post, L. S., Guo, P., Saab, N., Admiraal, W. (2019). Effects of remote labs on cognitive, behavioral, and affective learning outcomes in higher education. Computers & Education, 140, 103596. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103596

[28] de Jong, T., Linn, M. C., Zacharia, Z. C. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. Science, 340(6130), 305–308. https://doi.org/10.1126/science.1230579

[29] Corter, J. E., Esche, S. K., Chassapis, C., Ma, J., Nickerson, J. V. (2011). Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated, and hands-on student laboratories. Computers & Education, 57(3), 2054–2067. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.009

[30] Van den Beemt, A., Groothuijsen, S., Ozkan, L., Hendrix, W. (2023). Remote labs in higher engineering education: engaging students with active learning pedagogy. Journal of Computing in Higher Education, 35(2), 320–340. Publikacja online 12.08.2022. https://doi.org/10.1007/s12528-022-09331-4

[31] Elmoazen, R., Saqr, M., Khalil, M., Wasson, B. (2023). Learning analytics in virtual laboratories: a systematic literature review of empirical research. Smart Learning Environments, 10, 23. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00244-y

[32] Gil Vera, R., Lázaro Galilea, J. L., Gardel Vicente, A., de-la-Llana-Calvo, Á., Bravo Muñoz, I. (2024). A Flexible Framework for the Deployment of STEM Real Remote Laboratories in Digital Electronics and Control Systems. IEEE Access, 12, 14563–14579. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3357991

[33] da Silva, I. N., García-Zubía, J., Hernández-Jayo, U., da Mota Alves, J. B. (2023). Extended Remote Laboratories: A Systematic Review of the Literature From 2000 to 2022. IEEE Access, 11, 94780–94804. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3271524

[34] Gustavsson, I., Nilsson, K., Zackrisson, J., Garcia-Zubia, J., Hernandez-Jayo, U., Nafalski, A., Nedic, Z., Gol, O., Machotka, J., Pettersson, M. I., Lago, T., Håkansson, L. (2009). On Objectives of Instructional Laboratories, Individual Assessment, and Use of Collaborative Remote Laboratories. IEEE Transactions on Learning Technologies, 2(4), 263–274. https://doi.org/10.1109/TLT.2009.42

[35] Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

[36] Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? Educational Psychology Review, 16(3), 235–266. https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

[37] Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. Educational Research Review, 14, 47–61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

[38] Gallagher, S. E., Savage, T. (2023). Challenge-based learning in higher education: an exploratory literature review. Teaching in Higher Education, 28(6), 1135–1157. Publikacja online 26.12.2020. https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1863354

[39] Leijon, M., Gudmundsson, P., Staaf, P., Christersson, C. (2022). Challenge based learning in higher education – A systematic literature review. Innovations in Education and Teaching International, 59(5), 609–618. Publikacja online 19.03.2021. https://doi.org/10.1080/14703297.2021.1892503

[40] Raes, A., Detienne, L., Windey, I., Depaepe, F. (2020). A systematic literature review on synchronous hybrid learning: gaps identified. Learning Environments Research, 23(3), 269–290. Publikacja online 28.11.2019. https://doi.org/10.1007/s10984-019-09303-z

[41] Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview. Theory Into Practice, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

[42] Broadbent, J., Poon, W. L. (2015). Self-regulated learning strategies & academic achievement in online higher education learning environments: A systematic review. The Internet and Higher Education, 27, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.04.007

[43] Nicol, D. J., Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. Studies in Higher Education, 31(2), 199–218. https://doi.org/10.1080/03075070600572090

[44] Topping, K. J. (2005). Trends in Peer Learning. Educational Psychology, 25(6), 631–645. https://doi.org/10.1080/01443410500345172

[45] Indriasari, T. D., Luxton-Reilly, A., Denny, P. (2020). A Review of Peer Code Review in Higher Education. ACM Transactions on Computing Education, 20(3), art. 22, 1–25. https://doi.org/10.1145/3403935

[46] Villarroel, V., Bloxham, S., Bruna, D., Bruna, C., Herrera-Seda, C. (2018). Authentic assessment: creating a blueprint for course design. Assessment & Evaluation in Higher Education, 43(5), 840–854. Publikacja online 18.12.2017. https://doi.org/10.1080/02602938.2017.1412396

[47] ECIU. ECIU University – opis projektu pilotażowego. https://www.eciu.eu/projects/eciu-university

[48] ECIU University. About – why and how (challenge-based learning). https://engage.eciu.eu/about-why-how

[49] ECIU University. FAQ (warunki udziału, ECTS, mikropoświadczenia, uznawanie). https://engage.eciu.eu/faq

[50] Komisja Europejska, Europass. How to issue European Digital Credentials for Learning. https://europass.europa.eu/en/how-issue-european-digital-credentials-learning

[51] The EVOLVE Project Team (2020). The Impact of Virtual Exchange on Student Learning in Higher Education. EVOLVE Project Report. Erasmus+ KA3, 590174-EPP-1-2017-1-NL-EPPKA3-PI-FORWARD. University of Groningen. Próba i metody: s. 8, 28–30; ograniczenia: s. 18. https://research.rug.nl/en/publications/the-impact-of-virtual-exchange-on-student-learning-in-higher-educ/

[52] O'Dowd, R. (2018). From telecollaboration to virtual exchange: state-of-the-art and the role of UNICollaboration in moving forward. Journal of Virtual Exchange, 1, 1–23. Pełny tekst (ERIC): https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED592404.pdf,. https://doi.org/10.14705/rpnet.2018.jve.1

[53] Espresso Labs. User Guide – dokumentacja użytkownika platformy. Dokumentacja dostawcy przekazana Politechnice Poznańskiej.

[54] Espresso Labs. Administrator Guide – dokumentacja administratora platformy. Dokumentacja dostawcy przekazana Politechnice Poznańskiej.

[55] Espresso Labs. Espresso Labs – opis rozwiązania, architektury i funkcji oraz informacje o wydaniach. Dokumentacja producenta.. https://www.espressolabs.eu/en/espresso-labs/

[56] Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. Higher Education, 32(3), 347–364. https://doi.org/10.1007/BF00138871

[57] Akçayır, G., Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. Computers & Education, 126, 334–345. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.021

[58] Kerimbayev, N., Umirzakova, Z., Shadiev, R., Jotsov, V. (2023). A student-centered approach using modern technologies in distance learning: a systematic review of the literature. Smart Learning Environments, 10, 61. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00280-8

[59] W3C WAI. Understanding Success Criterion 1.2.2: Captions (Prerecorded). https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/captions-prerecorded.html

[60] DoxyChain. Micro-credentials / certificates – opis platformy. Dokumentacja dostawcy. https://www.doxychain.com/products/certificates

[61] Strona Uniwersytetu Europejskiego EUNICE

https://eunice-university.eu/pl/eunice-key-competencies-customising-higher-education-to-meet-societys-needs/